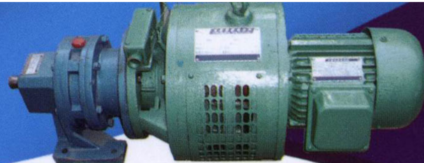


精选电动机控制电路200例

黄海平 编著



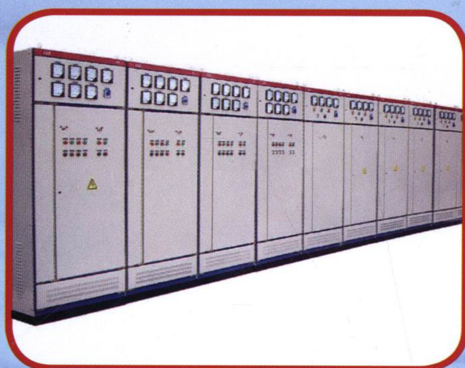




机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

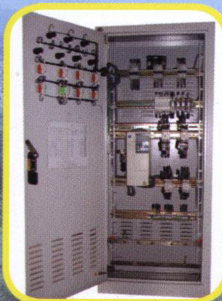
LANZAROTE Caliente.COM

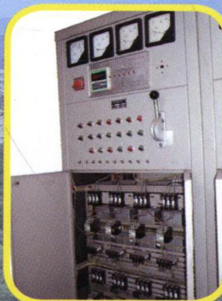

配电柜


配电柜


配电柜


配电柜

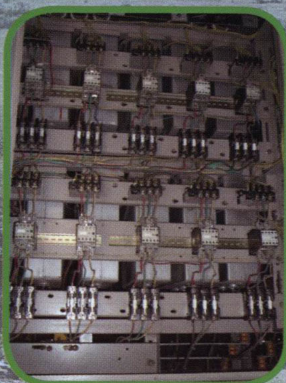

配电柜

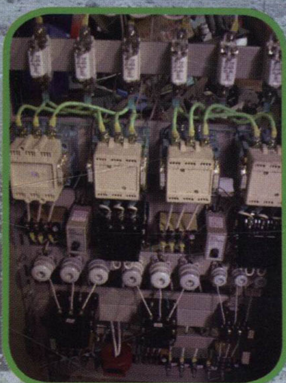

配电柜

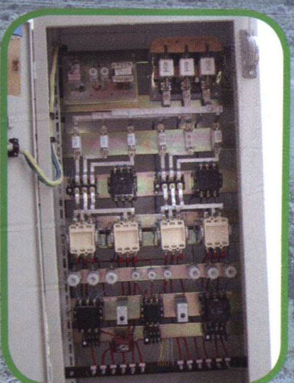

配电柜


配电柜


配电柜

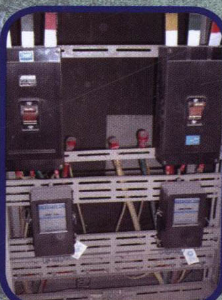

配电柜

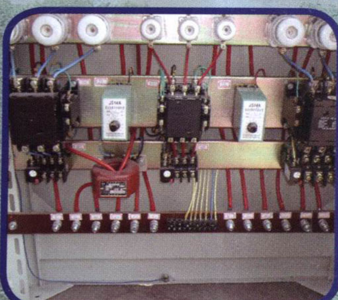

配电柜


配电柜


配电柜


配电柜

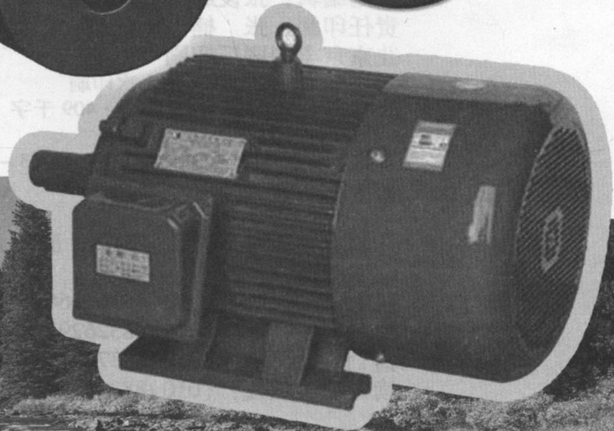

配电柜


配电柜



精选电动机控制电路200例

黄海平　编著





本书的目的是帮助电工人员快速学习并掌握电动机控制电路方面的知识，所以作者精选了电工实际工作中常见的电动机控制电路200例，以解决读者实际工作中遇到的问题。本书涵盖面广，内容详尽，图文并茂，直观可查，主要内容包括电动机顺序控制电路、电动机直接起动控制电路、电动机减压起动控制电路、电动机自动往返控制电路、电动机调速控制电路、用延时头配合交流接触器实现的控制电路、电动机制动控制电路、供排水控制电路、其他控制电路和保护电路等。本书特别适合电工初学者和上岗、转岗及再就业的电工人员阅读，能起到举一反三、事半功倍的作用，是一本不可多得的电动机控制电路学习用书。

图书在版编目（CIP）数据

精选电动机控制电路200例/黄海平编著. —北京：机械工业出版社，2013.6
ISBN 978-7-111-43063-6

Ⅰ.①精… Ⅱ.①黄… Ⅲ.①电动机-控制电路 Ⅳ.①TM320.12

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第136527号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：张俊红 责任编辑：朱 林
责任印制：张 楠 责任校对：程俊巧
北京京丰印刷厂印刷
2013年9月第1版·第1次印刷
169mm×239mm·16.5印张·409千字
0 001—4 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-43063-6
定价：39.90元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前　　言

为了更好地帮助电工人员快速学习掌握电动机控制电路方面的知识，作者精选了电动机控制电路200个典型实例，这些电路实用性强，简单易懂，轻松易学。

本书涵盖面广，内容详尽，图文并茂，直观可查，起到举一反三、事半功倍的作用，是一本不可多得的电动机控制电路学习用书。本书共分10章，内容包括电动机顺序控制电路、电动机直接起动控制电路，电动机减压起动控制电路、电动机自动往返控制电路、电动机调速控制电路、用延时头配合交流接触器实现的控制电路、电动机制动控制电路、供排水控制电路、其他控制电路和保护电路等。

本书主要由黄海平编写，参加编写的还有黄鑫、姜文吉、李志平、于荣宁、李燕、黄海静、李志安、李雅茜、王义政、苏文广、傅国、王兰君、邢军、王文婷、凌玉泉、张从知、谭亚林、刘守军、朱雷雷等同志。

由于作者水平所限，书中难免有不足之处，敬请广大读者批正。

黄海平

2013年夏于威海

目 录

前言

第 1 章 电动机顺序控制电路 …… 1

电路 1 两只按钮同时按下起动、任意一只或两只都按下停止的单向起停控制电路 …… 1
电路 2 具有手动单机起停、联机顺序起动总停控制电路 …… 3
电路 3 四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止及从后向前顺序起动、从后向前顺序停止控制电路 …… 5
电路 4 六台电动机手动逐台顺序起动控制电路 …… 7
电路 5 用两只得电延时时间继电器实现两台电动机从前向后逐台自动起动、从后向前逐台自动停止控制电路 …… 10
电路 6 两台电动机任意一台先开后停、而另一台则后开先停顺序控制电路 …… 12
电路 7 一种控制主机、辅机起停的控制电路 …… 13
电路 8 防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路 …… 15
电路 9 两台电动机开机按次序从前向后自动完成、而停机不按次序操作电路 …… 16
电路 10 四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路 …… 17
电路 11 两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路（一） …… 19
电路 12 两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路（二） …… 20
电路 13 两台电动机手动顺序起动、手动逆序停止控制电路 …… 22
电路 14 两台电动机任意一台先开先停、而另一台后开后停顺序控制电路 …… 24
电路 15 四台电动机顺序自动逐台起动、逆序自动逐台停止控制电路 …… 26
电路 16 两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路 …… 28
电路 17 用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（一） …… 30
电路 18 用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（二） …… 33
电路 19 两台电动机分别起动、同时停止控制电路 …… 34
电路 20 两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路 …… 35
电路 21 三台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（一） …… 36
电路 22 三台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（二） …… 36

第 2 章　电动机直接起动控制电路 …… 39

电路 23　多地正反转控制回路 …… 39
电路 24　三相交流电动机旋转方向改变方法 …… 40
电路 25　单按钮长时间按下起动、瞬动按下停止的单向起停控制电路 …… 40
电路 26　带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动 …… 41
电路 27　采用两只交流固态继电器控制单相电动机正反转 …… 43
电路 28　单按钮控制电动机点动、起动、停止电路 …… 44
电路 29　用接近开关、行程开关完成的正反转到位停止控制电路 …… 44
电路 30　具有定时功能的起停电路 …… 46
电路 31　起动、停止、点动混合电路（一） …… 48
电路 32　起动、停止、点动混合电路（二） …… 49
电路 33　起动、停止、点动混合电路（三） …… 50
电路 34　起动、停止、点动混合电路（四） …… 51
电路 35　起动、停止、点动混合电路（五） …… 52
电路 36　起动、停止、点动混合电路（六） …… 53
电路 37　起动、停止、点动混合电路（七） …… 54
电路 38　起动、停止、点动混合电路（八） …… 54
电路 39　起动、停止、点动混合电路（九） …… 54
电路 40　起动、停止、点动混合电路（十） …… 56
电路 41　短暂停电自动再起动控制电路（一） …… 57
电路 42　短暂停电自动再起动控制电路（二） …… 58
电路 43　用转换开关实现可逆起动、停止控制电路 …… 59
电路 44　互锁程度极高的正反转起动、停止控制电路 …… 60
电路 45　单按钮控制电动机起停电路（一） …… 61
电路 46　单按钮控制电动机起停电路（二） …… 62
电路 47　单按钮控制电动机正反转定时停机电路 …… 63
电路 48　具有五重互锁的正反转起动停止控制电路 …… 64
电路 49　电动机间歇运转控制电路（一） …… 65
电路 50　电动机间歇运转控制电路（二） …… 66
电路 51　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路 …… 67
电路 52　多台电动机可预选起动电路 …… 69
电路 53　只有按钮互锁的可逆起停控制电路 …… 70
电路 54　只有按钮互锁的可逆点动控制电路 …… 72
电路 55　防止相间短路的正反转控制电路（一） …… 73
电路 56　防止相间短路的正反转控制电路（二） …… 74
电路 57　可逆点动与起动混合控制电路 …… 76

电路 58　有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路 ……… 77
电路 59　低速脉动控制电路 …… 78
电路 60　多地起动、停止控制电路 …… 79
电路 61　起动、停止控制电路（一） …… 80
电路 62　起动、停止控制电路（二） …… 81
电路 63　接触器常闭触点互锁的可逆点动控制电路 …… 81
电路 64　接触器常闭触点互锁的正反转起动、停止控制电路 …… 82
电路 65　采用安全电压控制电动机起停电路 …… 83
电路 66　两台电动机联锁控制电路（一） …… 83
电路 67　两台电动机联锁控制电路（二） …… 85
电路 68　用 SAY7-20X/33 型复合式转换开关实现电动机正反转连续运转控制 …… 86

第 3 章　电动机减压起动控制电路 …… 88

电路 69　XJ01 系列自耦减压起动器电路 …… 88
电路 70　QJ_3 系列手动自耦减压起动器接线方法 …… 89
电路 71　单按钮控制电动机Y-△起动控制电路 …… 91
电路 72　采用三只时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压起动电路 …… 92
电路 73　手动串联电阻起动控制电路 …… 94
电路 74　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一） …… 95
电路 75　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二） …… 96
电路 76　自耦变压器自动控制减压起动电路 …… 97
电路 77　自耦变压器手动控制减压起动电路 …… 98
电路 78　频敏变阻器起动控制电路 …… 99
电路 79　延边三角形自动起动控制电路 …… 100
电路 80　手动Y-△减压起停控制电路 …… 101
电路 81　软起动器一拖三主回路连接电路 …… 102
电路 82　转换可靠的Y-△减压起动控制电路 …… 103
电路 83　采用电流继电器完成Y-△自动减压起动电路 …… 104
电路 84　绕线式转子电动机满载启动串五级电阻器自动启动控制电路 …… 106
电路 85　用 FR-AT 三速设定操作箱控制的变频器调速电路 …… 108
电路 86　用一只按钮控制电路机Y-△起动停止电路 …… 109
电路 87　电动机串电抗器起动自动控制电路 …… 110
电路 88　电动机串电抗器手动控制电路 …… 111
电路 89　采用热继电器控制电动机负载增加Y-△转换电路 …… 112
电路 90　变频器控制电动机正反转调速电路 …… 113
电路 91　用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻器启动控制电路 …… 115

第 4 章　电动机自动往返控制电路 …… 117

电路 92　功能更加完善的自动往返控制电路 …… 117
电路 93　往返循环自动回到原位停止控制电路 …… 117
电路 94　自动往返控制电路 …… 121
电路 95　自动往返循环控制电路 …… 123
电路 96　带限位保护的自动往返循环控制电路 …… 124
电路 97　用一只行程开关完成自动往返循环控制电路 …… 125

第 5 章　电动机调速控制电路 …… 127

电路 98　2Y/2Y双速电动机手动控制电路 …… 127
电路 99　2△/Y双速电动机手动控制电路 …… 129
电路 100　Y-△-2Y联结三速电动机手动控制电路 …… 131
电路 101　△-Y-2Y联结三速电动机手动控制电路 …… 133
电路 102　三速电动机自动加速电路 …… 135
电路 103　△-△-2Y-2Y联结四速电动机手动控制电路 …… 137
电路 104　三速电动机手动控制调速电路 …… 140
电路 105　2Y/Y双速电动机手动控制电路 …… 141
电路 106　电磁调速控制器应用电路 …… 143
电路 107　双速电动机自动加速电路 …… 147
电路 108　单相电动机简易调速电路 …… 149
电路 109　双速电动机自动加速控制电路 …… 150
电路 110　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路 …… 151
电路 111　△/△双速电动机手动控制电路 …… 152
电路 112　2△/Y双速电动机（早期产品）控制电路 …… 155

第 6 章　用延时头配合交流接触器实现的控制电路 …… 157

电路 113　得电延时头配合接触器控制频敏变阻器起动电路 …… 157
电路 114　得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（一） …… 158
电路 115　得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（二） …… 159
电路 116　得电延时头配合接触器控制电抗器减压起动电路 …… 160
电路 117　得电延时头配合接触器完成延边三角形减压起动控制电路 …… 161
电路 118　得电延时头配合接触器完成双速电动机自动加速控制电路 …… 162
电路 119　得电延时头配合接触器式继电器完成开机预警控制电路 …… 163
电路 120　得电延时头配合接触器完成自耦减压起动控制电路 …… 163

第7章　电动机制动控制电路…… 165
电路121　改进的电磁制动器制动电路…… 165
电路122　单管整流能耗制动控制电路…… 166
电路123　全波整流单向能耗制动控制电路…… 167
电路124　双向运转反接制动控制电路…… 168
电路125　单管能耗制动控制电路…… 169
电路126　能耗制动控制电路…… 171
电路127　单向运转反接制动控制电路…… 172
电路128　全波整流单向制动控制电路…… 173
电路129　实用的可逆能耗制动控制电路…… 174
电路130　采用一只整流二极管的能耗制动控制电路…… 175
电路131　电动机电容制动控制电路（一）…… 176
电路132　电动机电容制动控制电路（二）…… 177
电路133　电动机单向半波整流能耗制动控制电路…… 178
电路134　电动机可逆半波整流能耗制动控制电路…… 179
电路135　用断电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路…… 181

第8章　供排水控制电路…… 183
电路136　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路…… 183
电路137　采用两只中间继电器控制的水位控制电路…… 184
电路138　给、排水手动/定时控制电路…… 186
电路139　水箱晶体管自动控制放水电路…… 187
电路140　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路…… 188
电路141　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路…… 189
电路142　两台水泵电动机自动时故障自投电路…… 191
电路143　两台水泵轮流工作控制电路…… 192
电路144　用JYB714控制排水泵手动/自动电路…… 194
电路145　用JYB714控制供水泵手动/自动电路…… 195
电路146　具有手动操作定时/自动功能的排水控制电路…… 197
电路147　具有手动操作定时/自动功能的供水控制电路…… 197
电路148　一种简单实用的排水控制电路…… 199
电路149　一种简单实用的供水控制电路…… 200
电路150　优秀的补水控制电路…… 201

第9章　其他控制电路…… 202
电路151　两只按钮同时长时间按下开机、再同时长时间按下关机的加密

控制电路 …… 202
电路 152　用两只白炽灯泡和一只电容器组成相序指示器电路 …… 203
电路 153　多条传送带运输原料控制电路 …… 204
电路 154　JZF-01 正反转自动控制器应用电路 …… 205
电路 155　卷扬机控制电路（一） …… 206
电路 156　卷扬机控制电路（二） …… 207
电路 157　XMT 型数字显示式温度控制调节仪接线方法 …… 209
电路 158　安全保密控制电路 …… 210
电路 159　交流接触器线圈低电压起动控制电路 …… 211
电路 160　电力电容器手动控制完成无功功率补偿电路 …… 211
电路 161　用失电延时时间继电器完成的重载起动控制电路 …… 213
电路 162　电动葫芦电气控制电路 …… 214
电路 163　电动机Y-△节电转换控制电路 …… 215
电路 164　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路 …… 217
电路 165　电动机浸水、过热停止保护电路 …… 217
电路 166　开机信号预警电路之一 …… 219
电路 167　开机信号预警电路之二 …… 220

第 10 章　保护电路 …… 222

电路 168　GT-JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路 …… 222
电路 169　新中兴 GDH-30 数显智能电动机保护器应用电路 …… 223
电路 170　JD-5 电动机综合保护器接线 …… 225
电路 171　CDS11 系列电动机保护器应用电路 …… 225
电路 172　CDS8 系列电动机保护器接线 …… 226
电路 173　增加一只中间继电器作电动机断相保护电路 …… 226
电路 174　XJ_3 系列断相与相序保护继电器接线 …… 228
电路 175　电动机多功能保护电路 …… 229
电路 176　电动机固定转向控制电路（一） …… 230
电路 177　电动机固定转向控制电路（二） …… 230
电路 178　双路熔断器起动控制电路 …… 232
电路 179　电动机绕组过热保护电路 …… 233
电路 180　防止抽水泵空抽保护电路 …… 233
电路 181　用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护 …… 234
电路 182　XJ3-2、5、G 型断相与相序保护继电器应用电路 …… 235
电路 183　用三只欠电流继电器作电动机断相保护 …… 236
电路 184　电动机断相保护控制电路（一） …… 236
电路 185　电动机断相保护控制电路（二） …… 237

电路 186　电动机断相保护控制电路（三） …………………………………………… 238
电路 187　用一只电压继电器作丫联结电动机断相保护 ………………………………… 238
电路 188　热继电器应用电路（一） ……………………………………………………… 239
电路 189　热继电器应用电路（二） ……………………………………………………… 239
电路 190　热继电器应用电路（三） ……………………………………………………… 241
电路 191　用三只电阻器组成的△联结电动机断相保护电路…………………………… 241
电路 192　采用电流互感器作为检测元件的断相保护电路……………………………… 242
电路 193　用电容器作为中性点的△联结电动机断相保护电路………………………… 244
电路 194　熔断器熔断保护电路…………………………………………………………… 244
电路 195　一种零序电压断相保护电路…………………………………………………… 246
电路 196　简单实用的丫联结电动机断相保护电路 ……………………………………… 247
电路 197　用电容器、电压继电器实现△电动机断相保护控制电路…………………… 248
电路 198　用得电延时时间继电器完成的重载起动控制电路…………………………… 250
电路 199　电动机过电流控制电路………………………………………………………… 251
电路 200　丫-△减压起动不能转为△运转的保护电路 ………………………………… 253

第 1 章

电动机顺序控制电路

电路 1　两只按钮同时按下起动、任意一只或两只都按下停止的单向起停控制电路

1. 工作原理

本电路有两大优点：一是起动时加装保密功能，必须同时按下两只按钮 SB_1 和 SB_2 才能进行起动；二是停止时两只按钮可任意按下任何一只或两只同时按下都会使电动机停止运转，非常方便实用。

合上主回路断路器 QF_1，控制回路断路器 QF_2，停止兼电源指示灯 HL_2 亮，说明电路电源正常。

（1）起动控制

必须将两只按钮 SB_1 和 SB_2 都同时按下，SB_1 和 SB_2 的一组常开触点（1-3、3-5）组成与门电路（即两只按钮串联使用）使中间继电器 KA_1 线圈得电吸合且 KA_1 常开触点（5-7）闭合自锁；KA_1 串联在 KA_2 线圈回路中的常闭触点（13-15）断开，起到互锁作用；KA_1 串联在 KM 线圈回路中的常开触点（17-19）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路的电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；在按下起动按钮 SB_1 和 SB_2 的同时，SB_1 和 SB_2 两只按钮各自的另外一组常开触点（1-11、1-11）在起动时虽然也同时闭合，但由于 KA_1 常闭触点（13-15）已断开起互锁作用，使 KA_2 线圈回路工作不了，所以此时 SB_1、SB_2 虽然也闭合，没有任何作用。在交流接触器 KM 线圈得电吸合后，KM 并联在 KA_1 自锁触点上的辅助常闭触点（5-7）断开，为停止电动机时中间继电器 KA_1 线圈不允许得电吸合动作做准备；KM 并联在 KA_2 自锁常开触点（11-13）上的辅助常开触点（11-13）闭合，为停止电动机时中间继电器 KA_2 线圈吸合动作做准备；同时 KM 串联在指示灯 HL_2 回路中的辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 亮，HL_2 灭，说明电动机已起动运转了。此时松开按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5），中间继电器 KA_1 线圈断电释放，KA_1 所有触点恢复原始状态，为停止电动机时做控制准备。

（2）停止控制

从电气原理图上可以清楚地分析出，由于交流接触器 KM 线圈得电吸合后，KM 并联在 KA_1 自锁触点上的辅助常闭触点（5-7）已经断开，中间继电器 KA_1 线圈就无法再得电吸合工作，所以在停止时 KA_1 线圈回路是无用的；KM 并联在中间继电器 KA_2 上的辅助常开触点（11-13）早已闭合，等待再次按下 SB_1（1-11）或 SB_2（1-11）使中间继电器 KA_2 线圈得电吸合工作做准备，因 SB_1 和 SB_2 在 KA_2 线圈回路上的常开触点是或门关系，也就是说是并联起来的，那么此时按下任何一只按钮 SB_1 或 SB_2，或者是将这两只按钮 SB_1 和 SB_2 同时按下都会使中间继电器 KA_2 线圈得电吸合且 KA_2 常开触点（11-13）闭合自锁，KA_2 常闭触点（1-17）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。在 KA_2 线圈得电吸合后，KA_2 串联在 KA_1 线圈回路中常闭触点（7-9）断开，起到互锁保护作用；在交流接触器 KM 线圈断电释放后，KM 辅助常闭触点（5-7）恢复常闭状态，KM 辅助常开触点（11-13）恢复常开状态，为下次起动做准备；同时 KM 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机停止运转了。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-1 所示。

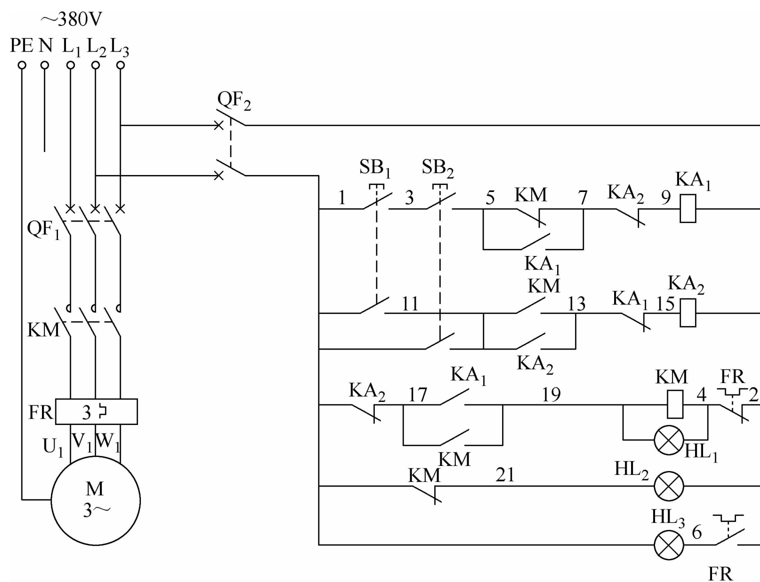


图 1-1　两只按钮同时按下起动，任意一只或两只都按下停止的单向起停控制电路

电路 2　具有手动单机起停、联机顺序起动总停控制电路

1. 工作原理

本电路可实现两个控制功能：一是五台电动机可分别独立进行起动、停止控制；二是五台电动机可联机控制，实现起动时手动从前向后逐台起动，而停止时则必须按动停止按钮 SB_1 完成全机同时停止。

单机控制时，可将选择开关 SA（1-31）断开，中间继电器 KA 线圈不能得电工作，KA 所有常开触点（5-9、11-15、17-21、23-27）全部断开，使各个独立控制单元分开，KA 所有常闭触点（1-7、1-13、1-19、1-25）闭合，将各个独立控制单元接通提供条件。此时可根据要求任意按动相关起动按钮 SB_2（3-5）、SB_4（9-11）、SB_6（15-17）、SB_8（21-23）、SB_{10}（27-29）对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 分别进行起动控制；欲停止，则按动停止按钮 SB_1（1-3）、SB_3（7-9）、SB_5（13-15）、SB_7（19-21）、SB_9（25-27）对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 分别进行停止控制。

联机顺序起动时，可将选择开关 SA（1-31）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 所有常闭触点（1-7、1-13、1-19、1-25）均断开，将交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 线圈回路切断，KA 所有常开触点（5-9、11-15、17-21、23-27）均闭合，将交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 的自锁线分别接至上一个交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4 的起动线上，这样，按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 起动运转工作；同时由于 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合为第二台电动机 M_2 起动提供准备条件。再按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4（9-11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 起动运转工作；同时由于 KM_2 辅助常开触点（9-11）闭合为第三台电动机 M_3 起动提供准备条件。再按下第三台电动机 M_3 起动按钮（15-17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合为第四台电动机 M_4 起动提供准备条件。再按下第四台电动机 M_4 起动按钮 SB_8（21-23），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点（21-23）闭合为第五台电动机 M_5 起动提供准备条件。最后按下第五台电动机 M_5 起动按钮 SB_{10}（27-29），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合且 KM_5 辅助常开触点（27-29）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，第五台电动机 M_5 起动运转工作了，从而完成五台电动机从前向后逐台手动起动控制。欲需停止，则必须按下停止按钮 SB_1（1-3），将交流接触器 KM_1 ~ KM_5 的线圈电源全部切断，使其全部断电释放，实现停止总停控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-2 所示。

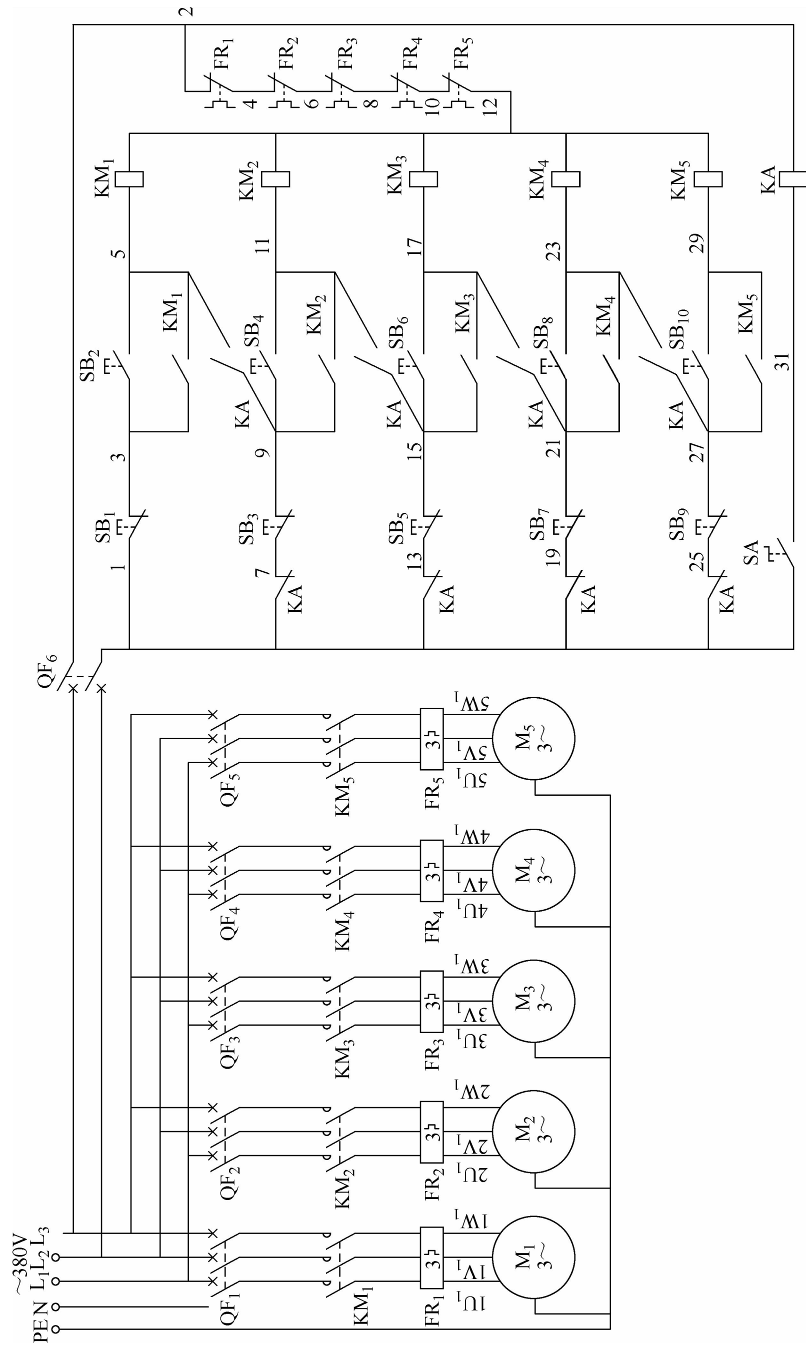


图 1-2　具有手动单机起停、联机顺序起动总停控制电路

电路3　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止及从后向前顺序起动、从后向前顺序停止控制电路

1. 工作原理

本电路为四台电动机顺序起停控制电路。此电路有两种控制方式：当起动时先按下第一台电动机 M_1 的起动按钮 SB_2，则起动操作顺序必须是从前向后顺序起动，而在起动完毕后若需停止操作时，仍需要从前向后顺序完成停止；当起动时先按下第四台电动机 M_4 的起动按钮 SB_8 时，则起动操作顺序必须是从后向前顺序起动，而在起动完毕后若停止操作时仍需要从后向前顺序完成停止。实际上，本电路就是利用中间继电器 KA 来完成顺序转换的。

合上主回路断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4，控制回路断路器 QF_5，为电动机 M_1、M_2、M_3、M_4 起动运转做准备工作。

（1）从前向后顺序起动控制

当需从前向后顺序起动控制时，则先按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先起动运转了；与此同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（13-15）闭合，为允许第二台电动机运转操作做准备；KM_1 加在第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11）上的辅助常开触点（1-21）闭合，为限制第二台电动机停止操作做准备。再按下第二台电动机起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也起动运转了；与此同时，KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（25-27）闭合，为允许第三台电动机起动操作做准备；KM_2 加在第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23）上的辅助常开触点（1-33）闭合，为限制第三台电动机停止操作做准备。再按下第三台电动机起动按钮 SB_6（23-25），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（23-29）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 也起动运转了；与此同时，KM_3 串联在 KM_4 线圈回路中的辅助常开触点（37-39）闭合，为允许第四台电动机起动运转操作做准备；KM_3 加在第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35）上的辅助常开触点（1-41）闭合，为限制第四台电动机做准备；KM_3 加在第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35）上的辅助常开触点（1-41）闭合，为限制第四台电动机停止操作做准备。最后按下第四台电动机起动按钮 SB_8，SB_8 的一只常开触点（35-37）闭合，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点（35-39）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 也得电起动运转了。至此，四台电动机完成从前向后手动逐台顺序起动控制。值得注意的是，在交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈得电吸合的同时，其各自的辅助常闭触点断开，将限制中间继电器 KA 线圈的操作。

（2）从前向后顺序停止控制

当四台电动机完成从前向后顺序起动后，若需停止，则必须按从前向后顺序进行停止操作，否则无法进行停止操作。首先按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转了；在 KM_1 线圈断电释放后，KM_1 加在第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11）上的辅助常开触点（1-21）断开，允许对第二台电动机进行停止操作。再按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电也停止运转了；在 KM_2 线圈断电释放后，KM_2 加在第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23）上的辅助常开触点（1-33）断开，允许对第三台电动机进行停止操作。再按下第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转。KM_3 线圈断电释放后，加在第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35）上的 KM_3 辅助常开触点（1-41）断开，允许对第四台电动机进行停止操作。最后按下第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35），交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 失电最后一个停止运转了。至此，四台电动机完成从前向后手动逐台顺序停止控制。

（3）从后向前顺序起动控制

当需要从后向前顺序起动控制时，则先按下第四台电动机 M_4 的起动按钮 SB_8，SB_8 的一组常开触点（49-51）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（43-51）闭合自锁，KA 所有常闭触点（5-7、15-17、11-21、23-33、27-29、35-41）闭合，所有常开触点（3-9、11-19、13-15、23-31、25-27、37-39、43-51）闭合，为从后向前顺序起动，从后向前顺序停止做准备。在按下 SB_8 的同时，SB_8 的另一组常开触点（35-37）闭合，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_5 辅助常开触点（35-39）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 得电先起动运转了；同时 KM_4 辅助常开触点（1-43）闭合，防止误按动 SB_1 时的顺序转换；与此同时，KM_4 辅助常开触点（1-31）闭合，将锁住 SB_5（1-23）使其失去作用；KM_4 辅助常开触点（27-29）闭合，为允许 KM_3 线圈得电吸合做准备。再按下第三台电动机 M_3 的起动按钮 SB_6（23-25），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（23-29）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电起动运转了；同时 KM_3 辅助常开触点（1-19）闭合，将锁住 SB_3（1-11）使其失去作用；KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合，为允许 KM_2 线圈得电吸合做准备。再按下第二台电动机 M_2 的起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转了；同时 KM_2 辅助常开触点（1-9）闭合，将锁住 SB_1（1-3）使其失去作用；KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合，为允许 KM_1 线圈得

电吸合做准备。最后按下第一台电动机的起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电最后一个起动运转了；同时 KM_1 辅助常开触点（1-43）闭合，短接 SB_1（1-43），防止误按停止按钮 SB_1 时出现转换。至此，四台电动机完成从后向前手动逐台顺序起动控制。

（4）从后向前顺序停止控制

当四台电动机完成从后向前顺序起动后，若需停止，则必须按从后向前顺序进行停止操作，否则无法进行停止操作。首先按下第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35），交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 先失电停止运转；KM_4 所有触点恢复原始状态，其中 KM_4 辅助常开触点（1-31）断开，解除对按钮 SB_5（1-23）的限制，允许对第三台电动机进行停止操作。其次，按下第三台电动机停止按钮（1-23），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电停止运转了；KM_3 所有触点恢复原始状态，其中 KM_3 辅助常开触点（1-19）断开，解除对按钮 SB_3 的限制，允许对第二台电动机进行停止操作。再按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转了；KM_2 所有触点恢复原始状态，其中 KM_2 辅助常开触点（1-9）断开，解除对按钮 SB_1 的限制，允许对第一台电动机进行停止操作。最后按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 最后一个失电停止运转了；KM_1 所有触点转态，为再重新起动做准备；在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另外一组常闭触点（1-43）断开，切断中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，为重新顺序起动选择提供条件。至此，四台电动机完成从后向前手动逐台顺序停止控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-3 所示。

电路 4　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路

如图 1-4 所示，合上总主回路断路器 QF_1、各电动机保护断路器 QF_2、QF_3、QF_4、QF_5、QF_6、QF_7 以及控制回路断路器 QF_8，电路处于热备机状态。

起动时按下第一台电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 起动运转；在 KM_1 线圈得电的同时，指示灯 HL_1 点亮，说明第一台电动机 M_1 起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_1 串联在第二台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-7）闭合，为第二台电动机起动运转做准备。

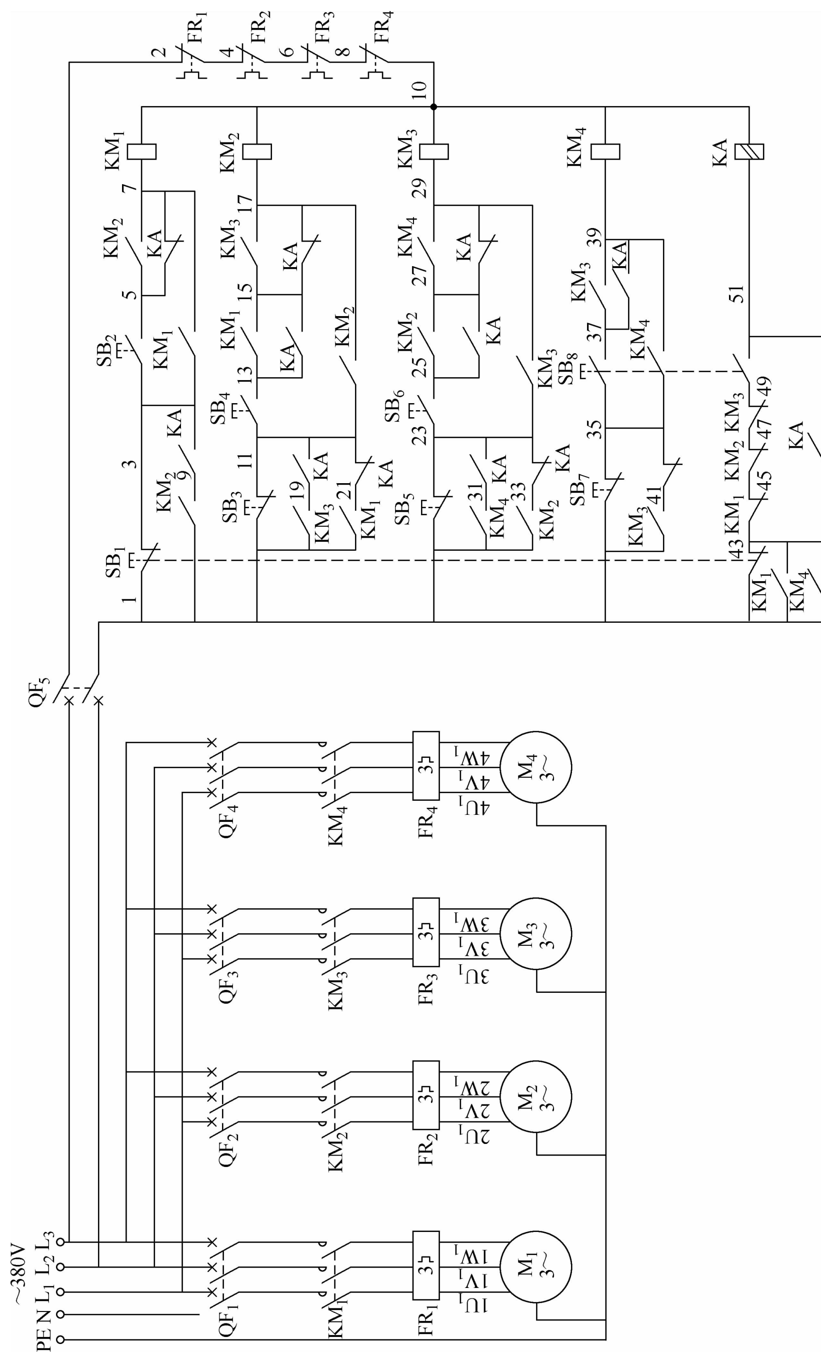


图 1-3 四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止及从后向前顺序起动、从后向前顺序停止控制电路

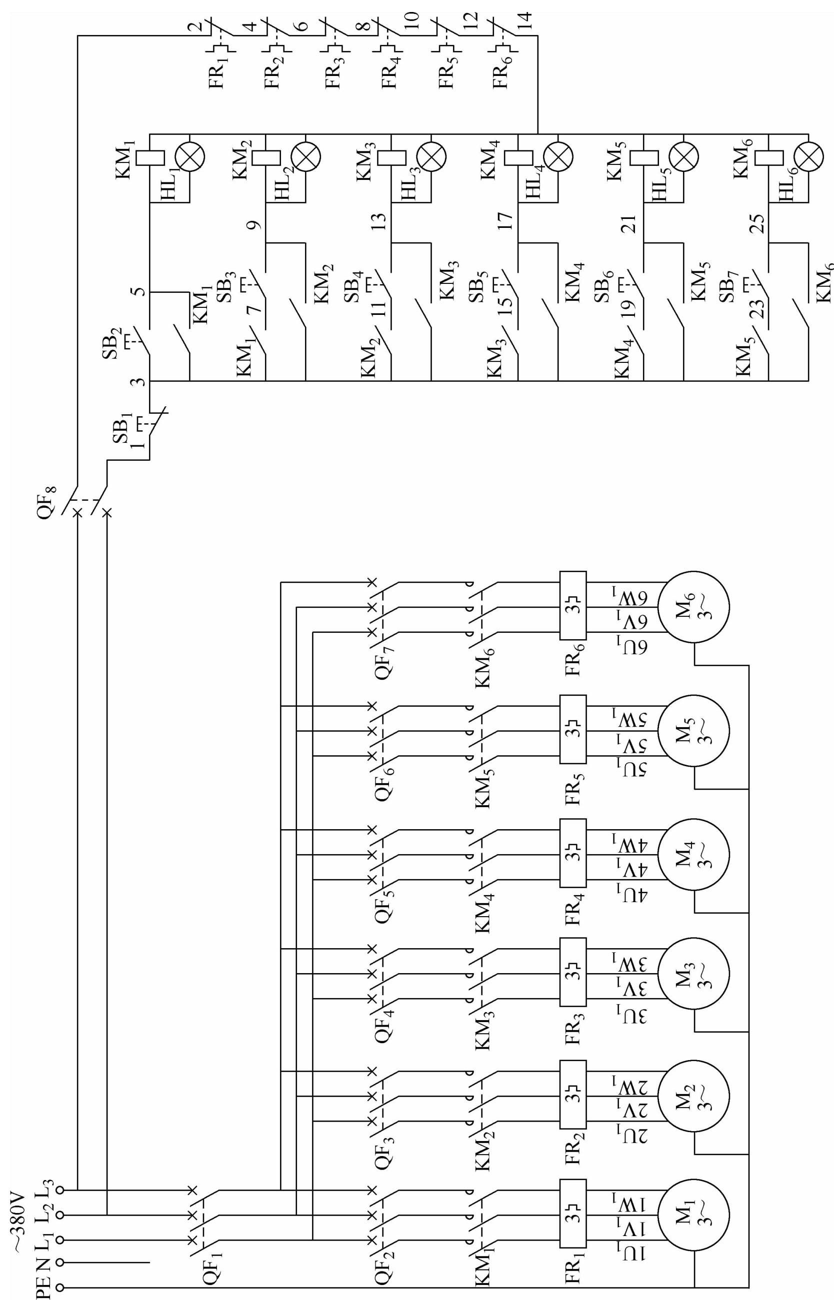


图 1-4 六台电动机手动逐台顺序起动控制电路

再按下第二台电动机起动按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 起动运转；在 KM_2 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_2 点亮，说明第二台电动机 M_2 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_2 串联在第三台电动机回路中的辅助常开触点（3-11）闭合，为第三台电动机起动运转做准备。

再按下第三台电动机起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，第三台电动机 M_3 起动运转；在 KM_3 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_3 点亮，说明第三台电动机 M_3 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_3 串联在第四台电动机的起动回路中的辅助常开触点（3-15）闭合，为第四台电动机起动运转做准备。

再按下第四台电动机起动按钮 SB_5（15-17），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-17）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，第四台电动机 M_4 起动运转；在 KM_4 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_4 点亮，说明第四台电动机 M_4 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_4 串联在第五台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-19）闭合，为第五台电动机起动运转做准备。

再按下第五台电动机起动按钮 SB_6（19-21），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-21）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，第五台电动机 M_5 起动运转；在 KM_5 线圈得电的同时，指示灯 HL_5 点亮，说明第五台电动机 M_5 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_4 串联在第六台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-23）闭合，为第六台电动机起动运转做准备。

最后再按下第六台电动机起动按钮 SB_7（23-25），交流接触器 KM_6 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-25）闭合自锁，KM_6 三相主触点闭合，第六台电动机 M_6 起动运转；在 KM_6 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_6 点亮，说明第六台电动机 M_6 也起动运转了。至此，六台电动机均分别手动顺序起动完毕，起动过程结束。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），其常闭触点切断了整个控制回路电源，从而使交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4、KM_5、KM_6 线圈全部断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5、M_6 均失电停止运转；同时指示灯 HL_1、HL_2、HL_3、HL_4、HL_5、HL_6 也断电熄灭。

电路 5　用两只得电延时时间继电器实现两台电动机从前向后逐台自动起动、从后向前逐台自动停止控制电路

电路如图 1-5 所示。

1. 从前向后逐台自动起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机

M_1 先起动运转；此时 KT_1 开始延时，经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 自动起动运转了，从而完成从前向后逐台自动起动控制，即起动时先起动 M_1，经延时后再自动起动 M_2。在未按下起动按钮 SB_2（3-5）前，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常。当 KM_1 线圈得电吸合后，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了，当 KM_2 线圈得电吸合后，指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，说明电动机 M_2 也起动运转了。

图 1-5 用两只得电延时时间继电器实现两台电动机从前向后逐台自动起动、从后向前逐台自动停止控制电路

2. 从后向前逐台自动停止

按下停止按钮 SB_1（5-7），得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（5-7）闭合自锁，KT_2 不延时瞬动常闭触点（9-11）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先失电停止运转了；同时 KT_2 开始延时，经 KT_2 延时后，KT_2 得电延

时断开的常闭触点（1-3）断开，将交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈电源全部切断，使 KM_1、KT_1、KT_2 线圈均断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转了。在按下停止按钮 SB_1 后，由于 KM_2 线圈断电释放，其控制指示灯的触点恢复原始状态，HL_4 灭、HL_3 亮，说明电动机 M_2 先失电停止运转了；经 KT_2 延时后，KM_1 线圈也断电释放，其控制指示灯的触点恢复原始状态，HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机 M_1 失电停止运转了。从而完成从后向前逐台自动停止控制，即停止时先停止 M_2，经延时后再自动停止 M_1。

电路 6　两台电动机任意一台先开后停、而另一台则后开先停顺序控制电路

这里介绍一例两台电动机任意一台先开后停，而另一台则后开先停顺序控制电路（见图 1-6）。也就是说，倘若先起动电动机 M_1，再起动电动机 M_2，而停止时则必须先停止电动机 M_2 后，方可再停止电动机 M_1；倘若先起动电动机 M_2，再起动电动机 M_1，而停止时则必须先停止电动机 M_1 后，方可再停止电动机 M_2。否则在停止时无法进行操作。

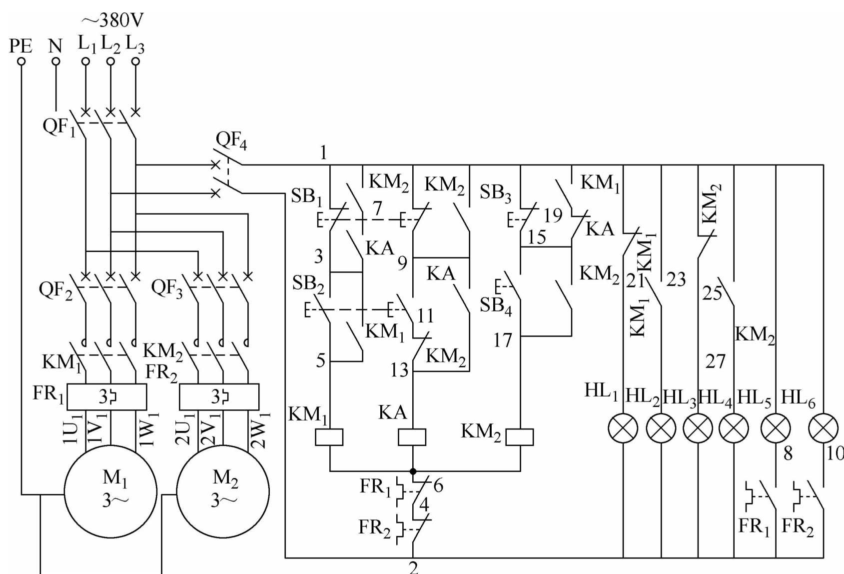


图 1-6　两台电动机任意一台先开后停、而另一台则后开先停顺序控制电路

倘若起动时先起动电动机 M_1，则先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2，它的两对常开触点（3-5、9-11）均闭合，交流接触器 KM_1、中间继电器 KA 线圈均同时

得电吸合且分别自锁，也就是 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁 KM_1 线圈回路，KA 常开触点（9-13）闭合自锁 KA 线圈。KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转。同时 KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，KA 常开触点（15-19）断开，为再起动电动机 M_2 后需先停止电动机 M_2 做准备，KA 常开触点（3-7）闭合，为 KM_2 闭合后共同短接锁住 SB_1，使 SB_1 不能工作做准备。同时指示灯 HL_1 灭，HL_2 亮，说明电动机 M_1 先起动运转了。当电动机 M_1 起动运转后，再按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4，其常开触点（15-17）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 并联在 SB_4 两端的辅助常开触点（15-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动运转。同时 KM_2 分别并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1 的辅助常开触点（1-3、1-9）均闭合，短接锁住了 SB_1，从而使停止按钮 SB_1 无法操作。同时指示灯 HL_3 灭，HL_4 亮，说明电动机 M_2 后起动运转了。从而完成起动时先起动电动机 M_1，后起动电动机 M_2。

由于电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3）被 KM_2 辅助常开触点（1-7）锁住，所以在停止时必须停止电动机 M_2，也就是先按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先失电停止运转；当 KM_2 线圈断电释放后，KM_2 并联在电动机 M_1 起动按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3、1-9）均断开，解除了对 SB_1 停止按钮的短接，这样，在电动机 M_2 停止运转后，再按下电动机 M_1 的停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转；同时指示灯 HL_2、HL_4 灭，HL_1、HL_3 亮，说明电动机 M_1、M_2 均失电停止运转。

倘若先起动 M_2，再起动 M_1，那么因 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 串联在 KA 线圈回路中的常闭触点（11-13）先断开，使 KA 线圈无法得电吸合，所以 KA 用来短接停止按钮 SB_3 的常闭触点（15-19）闭合，为限制 SB_3 操作做准备，当 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，而将电动机 M_2 停止按钮 SB_3 短接了起来，使电动机 M_2 必须在电动机 M_1 停止后才能再停止；而 KA 接在 KM_1 线圈回路中的常开触点（3-7）因 KA 线圈不能吸合，处于常开状态，所以电动机 M_1 的停止按钮 SB_1 没有被短接起来，可以在停止时先停止 SB_1。由于 KM_1 线圈断电释放后，KM_1 辅助常开触点（1-19）恢复常开状态，解除对 SB_3 的短接，才能再按下 SB_3 停止按钮来停止电动机 M_2，从而完成起动时先起动 M_2 后再起动电动机 M_1。而在停止时，则先停止 M_1 后才能再停止 M_2。

电路 7　一种控制主机、辅机起停的控制电路

如图 1-7 所示，合上主回路断路器 QF_1，控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常。

起动时，先按下辅机（电动机 M_1）起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、

得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，辅机电动机 M_1 得电起动运转，同时 KM_1 辅助常开触点（1-11）闭合，为接通主机电动机 M_2 控制电路交流接触器 KM_2 工作做准备，KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 灭，HL_2 亮，说明辅机电动机 M_1 先起动；同时在按下辅机起动按钮 SB_2（3-5）的同时，KT 线圈得电吸合并开始延时。需注意的是，若 KM_1 线圈得电吸合后，在 KT 的延时时间结束后未起动 KM_2，KT 将会自动切断 KM_1 线圈回路电源使其停止工作。若在 KT 的延时时间内，再按下主机起动按钮 SB_4（13-15），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，主机电动机 M_2 得电起动运转，同时 KM_2 辅助常闭触点（5-9）断开，切断了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，使 KT 线圈断电释放（KT 得电延时断开的常闭触点（5-7）未动作以致处于常闭状态）；KM_2 辅助常闭触点（1-21）断开，KM_2 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 灭，HL_4 亮，说明主机电动机 M_2 已得电运转。至此完成先起动辅机后再起动主机。

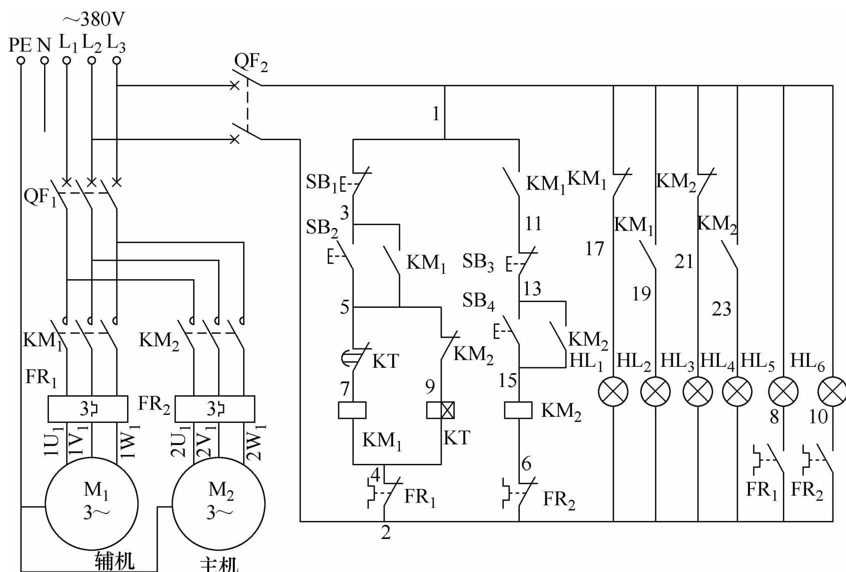


图 1-7　一种控制主机、辅机起停的控制电路

因辅机操作按钮 SB_1、SB_2 往往不是安装在主机操作台上，而是安装在辅机现场，存有一定距离，为此，操作者往往只就近操作主机停止按钮 SB_3，此时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，主机电动机 M_2 失电停止

运转；KM_2 辅助常闭触点（5-9）闭合，恢复原始常闭状态，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈又重新得电吸合并延时。经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断了 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，辅机电动机 M_1 失电停止运转，同时指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明辅机电动机 M_1 已失电自动停止运转。至此完成主机停止后自动停止辅机。

电路中，辅机可自动进行停止操作，但工艺要求停止时必须先停止主机后方可停止辅机，这是造成主机停止后，辅机操作开关距离主机操作台较远而不能手动关机的主要原因，所以采用上述延时电路，其延时时间一般整定为 180s。

图 1-7 中，HL_5、HL_6 分别为电动机 M_1、M_2 过载指示灯，当过载时，则相应的指示灯点亮。

电路 8　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路

通常的顺序起动、同时停止控制电路存在一个问题，那就是若同时按下两只起动按钮 SB_2、SB_3，往往出现两台电动机同时起动现象。

为解决此问题，本电路对通常的顺序起动、同时停止控制电路做一改进，如图 1-8 所示。

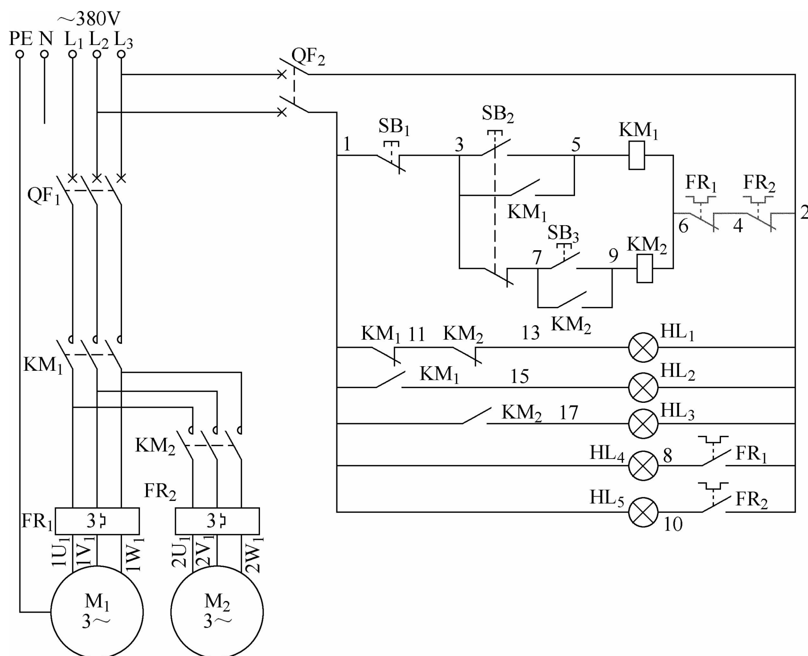


图 1-8　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路

从电路中可以看出，在主回路中必须先闭合 KM_1 后，KM_2 才会得电，这就是说主回路在顺序上已经确定出先电动机 M_1，后电动机 M_2。再从控制回路看，电动机 M_1 起动按钮 SB_2 的一组常闭触点（3-7）串联在电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈回路中，也就是说即使是误按了电动机 M_2 起动按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，虽然 KM_2 三相主触点闭合，由于 KM_1 三相主触点未闭合，电动机 M_2 也不会运转，若按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2，那么 SB_2 的另一组常闭触点（3-7）首先断开 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，起到 KM_2 复位作用；在 KM_1 线圈得电吸合动作后，松开 SB_2 才能进行 SB_3 操作，总之，起动时无论怎样操作，最终都是电动机 M_1 先起动后方可再起动电动机 M_2。即使同时按下 SB_2、SB_3，那么 SB_2 常闭触点也切断了 KM_2 线圈回路，结果为先起动 M_1，再起动 M_2。

而停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点均断开，电动机 M_1、M_2 同时失电停止运转。

电路 9　两台电动机开机按次序从前向后自动完成、而停机不按次序操作电路

本电路介绍一种两台电动机在开机时按次序从前向后延时起动，而在停机时不按次序任意操作进行，如图 1-9 所示。

按次序开机延时起动：开机时按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电运转，同时 KM_1 辅助常开触点（13-15）闭合，为电动机 M_2 控制回路 KM_2 线圈工作做准备，KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开、KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 已起动完成；在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另外一组常开触点（5-7）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（5-7）闭合自锁，并开始延时。经得电延时时间继电器 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（11-13）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转；KM_2 辅助常闭触点（7-9）断开，切断得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 不延时瞬动常开自锁触点（5-7）断开，KT 得电延时闭合的常开触点（11-13）恢复常开，为随时停止 KM_2 线圈回路电源做准备；KM_2 辅助常闭触点（17-19）断开，KM_2 辅助常开触点（1-23）闭合，电动机 M_2 运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已起动完成。

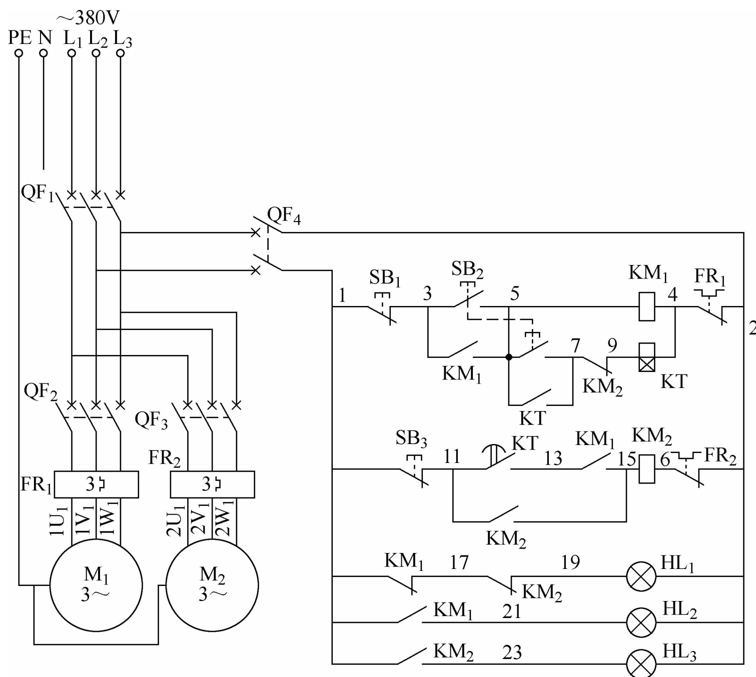


图 1-9　两台电动机开机按次序从前向后自动完成、而停机不按次序操作电路

停止时，可不按次序任意停机。当按下 SB_1（1-3）时，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转，KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 灭，说明电动机 M_1 已失电停止运转。当按下 SB_3（1-11）时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转，KM_2 辅助常开触点（1-23）断开，电动机 M_2 运转指示灯 HL_3 灭，说明电动机 M_2 已失电停止运转。注意，停止兼电源指示灯 HL_1 只有在两台电动机全部停止后才会被点亮。

电路 10　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

1. 从前向后顺序起动

先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且

KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；同时 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 线圈得电吸合做准备。

再按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 顺序起动运转；同时 KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（15-17）闭合，为 KM_3 线圈得电吸合做准备；KM_2 另一对辅助常开触点（1-3）闭合，短接电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），使其不能进行电动机 M_1 的停止操作。

再按下电动机 M_3 起动按钮 SB_6（13-15），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 顺序起动运转；同时 KM_3 串联在 KM_4 线圈回路中的辅助常开触点（21-23）闭合，为 KM_4 线圈得电吸合做准备；KM_3 另一对辅助常开触点（1-7）闭合，短接电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），使其不能进行电动机 M_2 的停止操作。

最后按下电动机 M_4 起动按钮 SB_8（19-21），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点（19-21）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 顺序起动运转；同时 KM_4 辅助常开触点（1-13）闭合，短接电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1-13），使其不能进行电动机 M_3 的停止操作。

至此，四台电动机按 M_1、M_2、M_3、M_4 先后顺序逐个起动完毕。

2. 从后向前逆序停止

先按下电动机 M_4 停止按钮 SB_7（1-19），交流接触器 KM_4 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_4 失电停止运转而逆序退出运行；同时 KM_4 并联在电动机 M_3 停止按钮 SB_5 上的辅助常开触点（1-13）断开，为逆序停止电动机 M_3 做准备。

再按下电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1-13），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_3 失电停止运转而逆序退出运行；同时 KM_3 并联在电动机 M_2 停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点（1-7）断开，为逆序停止电动机 M_2 做准备。

再按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转而逆序退出运行；同时 KM_2 并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3）断开，为逆序停止电动机 M_1 做准备。

最后按下电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转而逆序退出运行。

至此，四台电动机按逆序 M_4、M_3、M_2、M_1 逐个进行停止完毕。

其控制电路如图 1-10 所示。

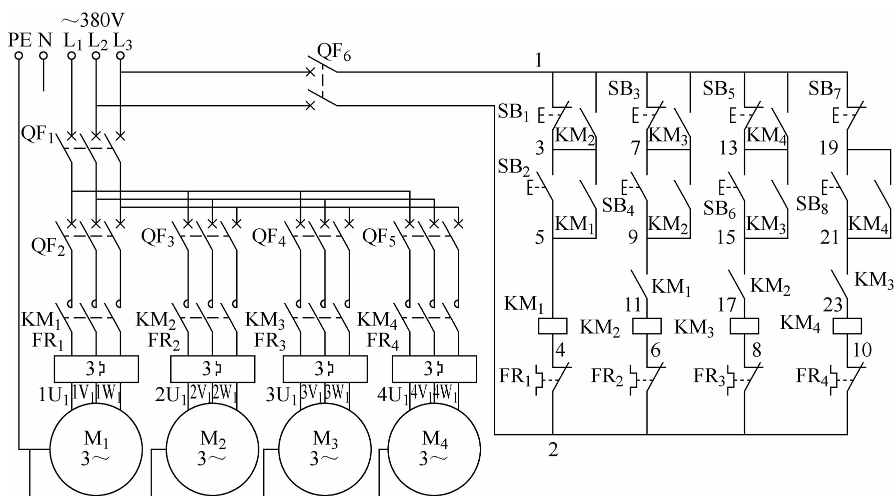


图 1-10　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

电路 11　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路（一）

有些生产设备要求两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制。

如图 1-11 所示，合上主回路断路器 QF_1，控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 已停止运转，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已停止运转。

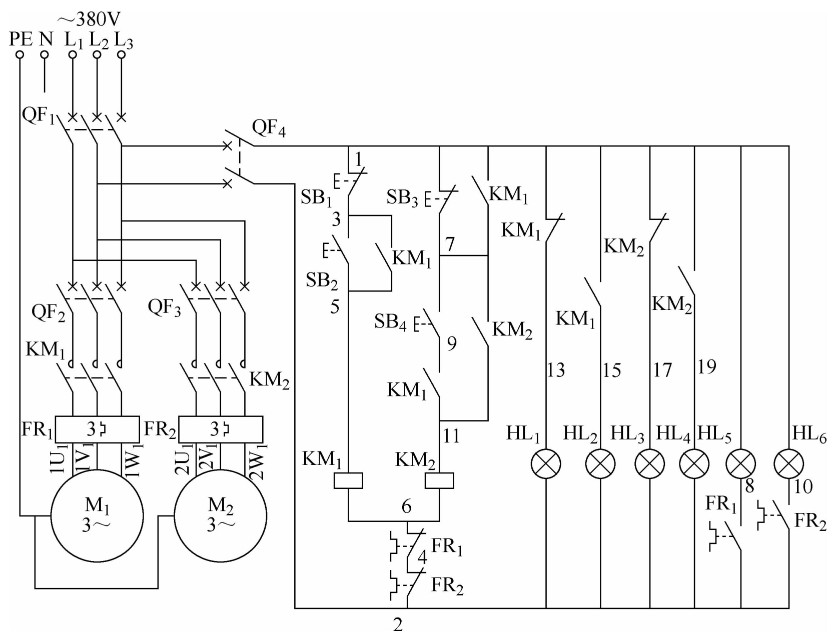


图 1-11　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路（一）

1. 起动

先按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电先起动运转。同时 KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，切断了 M_2 停止指示灯 HL_1 回路电源，HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，M_1 运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转；KM_1 并联在停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点（1-7）闭合，将 SB_3 停止按钮短接了起来，以防止停止时先停止 SB_3；KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 线圈得电吸合提供条件。再按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转。同时 KM_2 辅助常闭触点（1-17）断开，切断了电动机 M_2 停止指示灯 HL_3 回路电源，HL_3 灭；KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，电动机 M_2 运转指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转。从而完成了起动时从前向后逐台顺序起动。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电先停止运转。同时，KM_1 并联在 SB_3 停止按钮上的常开触点（1-7）断开，为切断电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈提供准备条件；KM_1 辅助常开触点（1-15）断开，M_1 运转指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-13）闭合，电动机 M_1 停止指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 已停止运转。当电动机 M_1 停止运转后方可停止电动机 M_2，再按下停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。同时 KM_2 辅助常开触点（1-19）断开，电动机 M_2 运转指示灯 HL_4 灭，KM_2 辅助常闭触点（1-17）闭合，电动机 M_2 停止指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已失电停止运转了。从而完成了停止时从前向后逐台顺序停止。

电路中 HL_5 为电动机 M_1 过载指示灯，此灯亮说明电动机 M_1 过载了；HL_6 为电动机 M_2 过载指示灯，此灯亮说明电动机 M_2 过载了。

电路 12　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路（二）

有些生产工艺要求电动机起动时必须按次序先起动 M_1，然后再起动 M_2；在停止时也必须按次序先停止 M_1，然后再停止 M_2。图 1-12 所示电路能满足上述控制要求。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈同时得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转；同时得电延时时间继电器 KT_1 开始延时，失电延时时间继电器 KT_2 失电延时断开的常开触点（9-

11）立即闭合，为交流接触器 KM_2 线圈得电吸合做准备，也为延时停止 KM_2 做准备。经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转；同时 KM_2 辅助常闭触点（5-7）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈断电释放（以减少 KT_1 线圈消耗的电能），KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-9）恢复常开。至此起动过程按先 M_1 再 M_2 的顺序自动起动。

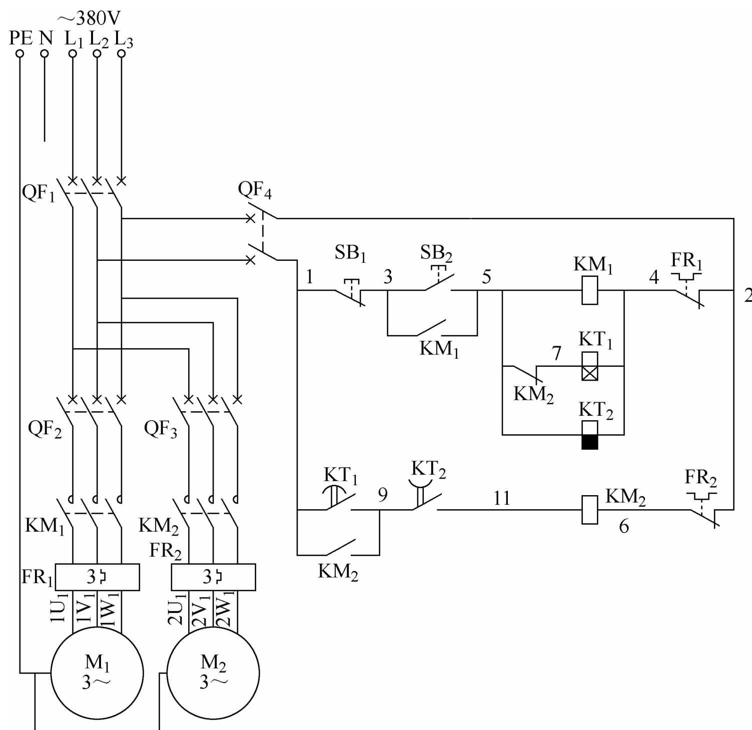


图 1-12　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路（二）

而停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 先失电停止运转；同时 KT_2 开始延时，经 KT_2 延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（9-11）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 也失电停止运转。从而完成停止时先停 M_1 再停 M_2 的顺序自动停止。

电路 13　两台电动机手动顺序起动、手动逆序停止控制电路

1. 工作原理

合上主回路断路器 QF_1、QF_2，控制回路断路器 QF_3，电源兼电动机停止指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电动机 M_1、M_2 均处于停止状态且电源有电，电路处于热备机状态。

（1）从前向后顺序手动起动

从电气原理图中可以看出，在起动时，交流接触器 KM_1 线圈回路不受任何约束，可直接进行起动操作；而交流接触器 KM_2 线圈回路中由于串联了交流接触器 KM_1 的一组辅助常开触点（9-11），那么只有交流接触器 KM_1 线圈得电吸合后，方可对交流接触器 KM_2 线圈回路进行起动操作。也就是说，起动时，是按从前向后的顺序进行操作的。即必须先按下起动按钮 SB_2（3-5），使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合自锁后，再按下起动按钮 SB_4（7-9），对交流接触器 KM_2 线圈回路进行起动操作，具体操作如下。起动时，先按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；与此同时，KM_1 串联在 KM_2 起动回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 起动操作提供条件；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转。当电动机 M_1 起动运转后，方可对电动机 M_2 进行起动操作，再按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动运转；与此同时，KM_2 并联在 SB_1 上的辅助常开触点（1-3）闭合，将限制 SB_1 操作；同时 KM_2 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转。从而完成从前向后顺序手动起动。

（2）从后向前逆序手动停止

当交流接触器 KM_1、KM_2 线圈按从前向后顺序吸合动作后，欲需停止操作，也必须按顺序进行。从电气原理图中可以看出，交流接触器 KM_1 线圈回路中的停止按钮 SB_1（1-3）上并联了一组交流接触器 KM_2 的辅助常开触点（1-3），在交流接触器 KM_2 线圈得电吸合后，此辅助常开触点（1-3）闭合，将停止按钮 SB_1（1-3）短接了起来，从而使其无法操作，也就无法对交流接触器 KM_1 线圈回路进行停止操作；再看一下交流接触器 KM_2 线圈回路中的停止按钮 SB_3（1-7），没有任何限制。也就是说，停止时，是按从后向前顺序进行操作的。即停止时则必须先按下停止按钮 SB_3（1-7），切断交流接触器 KM_2 线圈电源，使 KM_2 线圈断电释放，那么 KM_2 并联在停止按钮 SB_1（1-3）上的辅助常开触点（1-3）

必然断开，将解除对停止按钮 SB_1（1-3）的限制，允许 SB_1（1-3）操作，才能切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使其断电释放，具体操作如下。停止时则先按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先失电停止运转；与此同时，KM_2 辅助常开触点（1-3）断开，解除对停止按钮 SB_1 的操作限制，允许其进行操作；同时 KM_2 辅助常开触点（1-19）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_2 辅助常闭触点（1-17）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 先停止运转。此时可按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转；同时 KM_1 辅助常开触点（1-15）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-13）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 停止运转。从而完成从后向前逆序手动停止。

图 1-13 中，HL_1 为电动机 M_1 停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机 M_1 运转指示灯；HL_3 为电动机 M_2 停止兼电源指示灯；HL_4 为电动机 M_2 运转指示灯；HL_5 为电动机 M_1 过载指示灯；HL_6 为电动机 M_2 过载指示灯。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-13 所示。

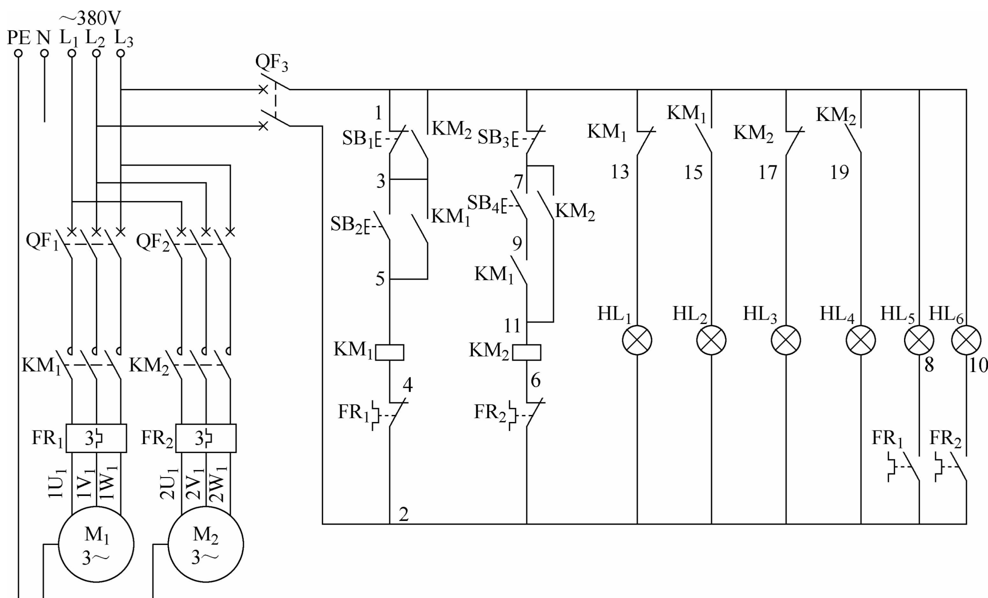


图 1-13　两台电动机手动顺序起动、手动逆序停止控制电路

电路 14 两台电动机任意一台先开先停、而另一台后开后停顺序控制电路

1. 工作原理

合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明两台电动机，M_1、M_2 均处于停止状态且电路有电。

假如电动机 M_2 先起动时，则按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常开触点（13-15）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（13-17）闭合自锁；KA 常闭触点（7-11）断开，切断了 KM_1 辅助常开触点（1-11）闭合后对第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）的操作限制；KA 常开触点（1-3）闭合，将第一台电动机 M_1 的停止铵钮（1-3）短接了起来，限制其停止操作，在按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4 的同时，SB_4 的另一组常开触点（7-9）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 先起动运转了；同时 KM_2 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 先起动运转了。从电气原理图上可以看出，此时若想停止电动机 M_2，直接按动停止按钮 SB_3 即可（本文将要讲述的是两台电动机全部都起动运转后的停止操作）。当第二台电动机 M_2 先起动运转后，若需再起动操作电动机 M_1，则按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常闭触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 后得电起动运转了；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 后起动运转了。从电气原理图上可以看出，第一台电动机 M_1 的停止按钮 SB_1（1-3）的两端上并联了中间继电器 KA 已闭合了的常开触点（1-3），所以停止按钮 SB_1（1-3）已受到限制而无法操作，需将 KA 常开触点（1-3）解除后，方可进行对第一台电动机 M_1 的停止操作；所以必须先按下先起动的第二台电动机 M_2 的停止按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（1-7）断开，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 先失电停止运转了；KM_2 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_2 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明第二台电动机 M_2 先停止运转了，从而完成先开先停控制。在按下停止按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常闭触点（1-13）断开，切断了中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，KA 常开触点（1-3）断开，解除对第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3）的短接，使其允许进行停止操作；当 KA 常开触点（1-3）断开后，按下第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一

台电动机 M_1 后失电停止运转了；KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明第一台电动机 M_1 后停止运转了，从而完成后开后停控制。

假如电动机 M_1 先起动时，按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 先得电起动运转了；同时 KM_1 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常闭触点（15-17）断开，使中间继电器 KA 线圈不能得电工作，KM_1 并联在第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）上的常开触点（1-11）闭合与中间继电器 KA 常闭触点（7-11）共同将 SB_3（1-7）短接了起来，使 SB_3（1-7）失去操作功能；与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 先起动运转了。从电气原理图上可以看出，此时也可以对电动机 M_1 进行停止操作。当第一台电动机 M_1 起动运转后，若需再起动操作电动机 M_2，则按下第二台电动机 M_2 起动按钮，虽然 SB_4 的一组常开触点（13-15）闭合，但由于交流接触器 KM_1 辅助常闭触点（15-17）早已断开，使中间继电器 KA 线圈回路不能得电吸合，所以 KA 线圈回路失效不能工作；SB_4 的另一组常开触点（7-9）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 也得电起动运转了；与此同时，KM_2 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明第二台电动机 M_2 也得电起动运转了。从电气原理图上可以看出，第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）两端被 KM_1 辅助常开触点（1-11）与 KA 常闭触点（7-11）串联后短接了起来，使 SB_3（1-7）停止按钮受到操作限制；所以必须先停止第一台电动机 M_1 后，将 KM_1 辅助常开触点（1-11）断开后，SB_3（1-7）短接才被解除，允许进行停止操作。所以停止时先按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 失电先停止运转了；KM_1 辅助常开触点（1-11）断开，解除对第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）的限制操作；KM_1 辅助常闭触点（15-17）闭合，为先选择第二台电动机 M_2 先起动做准备条件；KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明第一台电动机 M_1 先停止运转了。当 KM_1 辅助常开触点（1-11）断开后，可对第二台电动机 M_2 进行停止操作，此时按下第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电后停止运转了；KM_2 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_2 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明第二台电动机 M_2 后停止运转了。从而完成先开先停控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-14 所示。

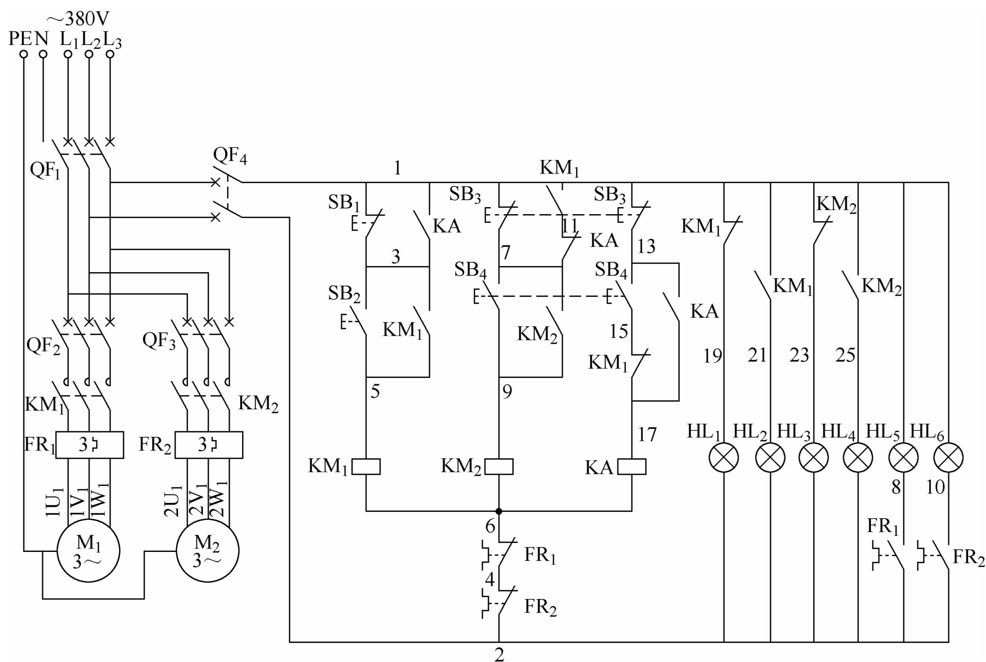


图 1-14　两台电动机任意一台先开先停、而另一台后开后停顺序控制电路

电路 15　四台电动机顺序自动逐台起动、逆序自动逐台停止控制电路

1. 工作原理

（1）顺序自动逐台起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（5-7）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（5-7）闭合自锁，KA 常闭触点（9-11）断开，KA 所有常开触点（3-17、21-23、23-25、27-29、29-31、33-35、35-37、39-41、41-43）均闭合，为顺序自动逐台起动做准备。在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（3-21）也闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-23）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常开触点（11-13）闭合，为电动机逆序自动逐台停止做准备。此时得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合并开始延时。经 KT_1 一段延时后，KT_1 的一组得电延时闭合的常开触点（3-27）闭合，使交流

接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-29）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 随后也得电顺序起动运转；KT_1 的另一组得电延时闭合的常开触点（13-15）闭合，使得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时。值得注意的是，KT_1 的一组串联在 KM_3 线圈回路中的得电延时断开的常闭触点（35-37）虽然断开了，但由于被 KA 已闭合的常开触点（35-37）短接了起来，将失去控制作用，此触点将在停止时作逆序自动停止用。经 KT_2 一段延时后，KT_2 的一组得电延时闭合的常开触点（3-33）闭合，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（3-35）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 随后也得电顺序起动运转；KT_2 的另一组得电延时闭合的常开触点（13-19）闭合，使得电延时时间继电器 KT_3 线圈得电吸合并开始延时。值得注意的是，KT_2 的一组串联在 KM_2 线圈回路中的得电延时断开的常闭触点（29-31）虽然断开了，但由于被 KA 已闭合的常开触点（29-31）短接了起来，将失去控制作用，此触点将在停止时作逆序自动停止用。经 KT_3 一段延时后，KT_3 的一组得电延时闭合的常开触点（3-39）闭合，使交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点（3-41）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 最后一个得电顺序起动运转；KT_3 的另一组串联 KM_1 线圈回路中的得电延时断开的常闭触点（23-25）虽然断开了，但由于被 KA 已闭合的常开触点（23-25）短接了起来，将失去控制作用，此触点将在停止时作逆序自动停止用；与此同时，在 KM_4 线圈得电吸合后，KM_4 辅助常闭触点（13-17）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1、KT_2、KT_3 线圈回路电源，KT_1、KT_2、KT_3 线圈断电释放，其各自的所有常开、常闭触点瞬时恢复原始状态。

至此，四台电动机 M_1、M_2、M_3、M_4 从前向后顺序自动逐台起动运转了。

（2）逆序自动逐台停止

当四台电动机 M_1、M_2、M_3、M_4 按顺序自动逐台起动运转后，欲需逆序自动逐台停止，则按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（3-5）断开，切断了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈断电释放，KA 所有常开触点（3-17、5-7、21-23、23-25、27-29、29-31、33-35、35-37、39-41、41-43）恢复常开状态，KA 常闭触点（9-11）恢复常闭状态，为停止时逆序自动停止做准备；此时，因 KA 常开触点（41-43）断开，交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 先失电停止运转了。SB_1 的另一组常开触点（3-9）闭合，使得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KT_1 不延时瞬动常开触点（3-9）闭合自锁，KT_1 开始延时，经 KT_1 一段延时后，KT_1 的一组得电延时断开的常闭触点（35-37）断开，切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 随后也失电停止运转了。与此同时，KT_1 的一组串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的得电延时闭合的常开触点（3-27）虽然

也闭合了，但因回路中串入了中间继电器 KA 的常开触点（27-29）而失去控制作用；同时 KT_1 的一组得电延时闭合的常开触点（13-15）闭合，使得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时，经 KT_2 一段延时后，KT_2 的一组得电延时断开的常闭触点（29-31）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 随后也失电停止运转了。与此同时，KT_2 的一组串联在交流接触器 KM_3 线圈回路中的得电延时闭合的常开触点（3-33）虽然也闭合了，因回路中串入了中间继电器 KA 的常开触点（33-35）而失去控制作用；同时 KT_2 的一组得电延时闭合的常开触点（13-19）闭合，使得电延时时间继电器 KT_3 线圈得电吸合并开始延时，经 KT_3 一段延时后，KT_3 的一组得电延时断开的常闭触点（23-25）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 最后一个失电停止运转了。与此同时，KT_3 的一组串联在交流接触器 KM_4 线圈回路中的得电延时闭合的常开触点（3-39）虽然也闭合了，但因回路中串入了中间继电器 KA 的常开触点（39-41）而失去控制作用。

至此，四台电动机 M_1、M_2、M_3、M_4 从后向前按逆序自动逐台停止运转了。

图 1-15 中，紧急停止按钮 SB_3（1-3）的作用是，无论在起动还是停止过程中，若需停止控制，则按下紧急停止按钮 SB_3 即可实现。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-15 所示。

电路 16　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路

1. 工作原理

合上主回路断路器 QF_1、QF_2，控制回路断路器 QF_3，停止兼电源指示灯 HL_3 亮，说明电源正常。

（1）电动机 M_1、M_2 同时起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（1-3）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-3）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转；在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（1-7）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电起动运转；从而完成电动机 M_1、M_2 同时起动控制。当交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合后，指示灯 HL_3 灭，HL_1、HL_2 亮，说明电动机 M_1、M_2 均同时得电起动运转了。当交流接触器 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常开触点（11-13）闭合，为停止时从前向后顺序延时停机做准备。

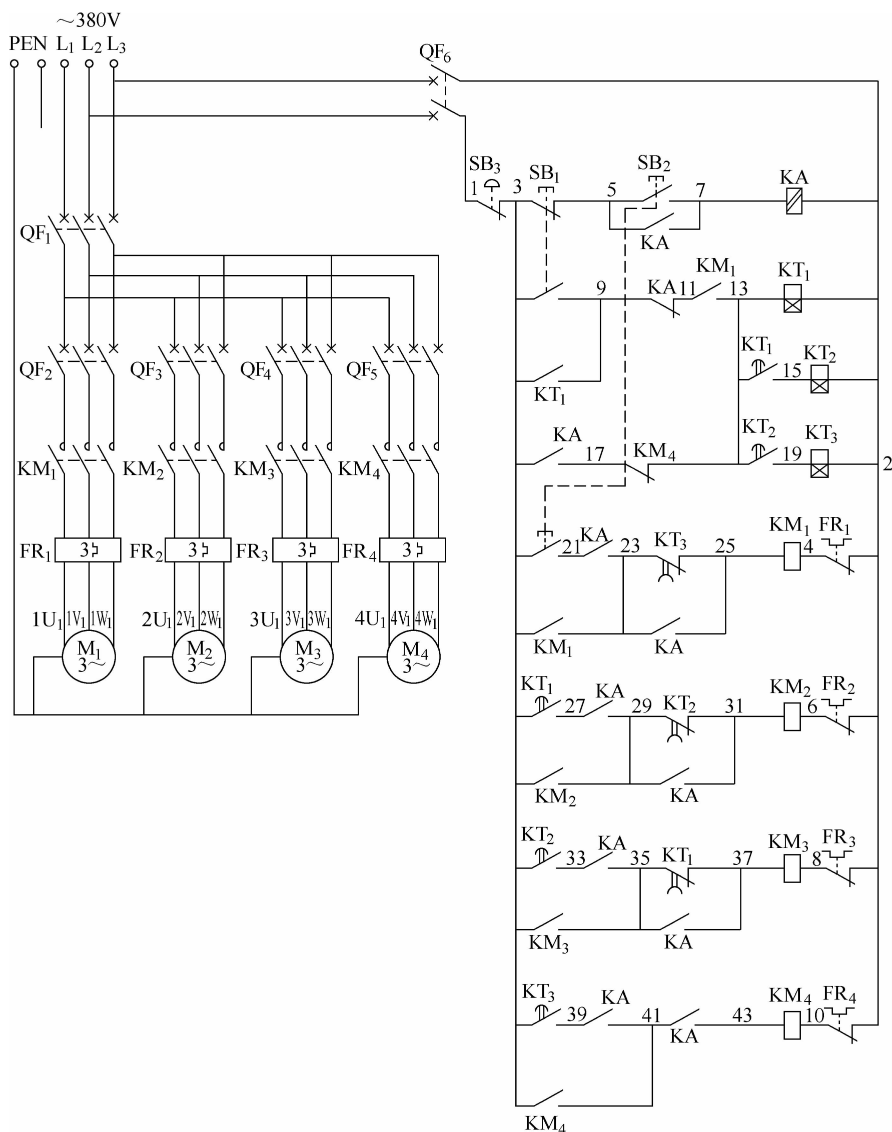


图 1-15　四台电动机顺序自动逐台起动、逆序自动逐台停止控制电路

（2）从前向后顺序延时停机

当交流接触器 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常开触点（11-13）闭合，为停止时从前向后顺序延时停机做好了准备，此时按下停止按钮 SB_1（1-11），得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（1-11）闭合自锁并开始延时，KT 不延时瞬动常闭触点（3-5）立即断开，首先切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 先

停止运转，同时指示灯 HL_1 灭，说明电动机 M_1 先停止运转了。经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（7-9）断开，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 后延时自动停止运转，同时指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机 M_2 后顺序停止运转了。从而完成了停止时从前向后顺序延时停机，即先手动停止电动机 M_1 后通过得电延时时间继电器 KT 得电延时断开的常闭触点（7-9）来切断交流接触器 KM_2 线圈电源，使电动机 M_2 后顺序延时停机。

图 1-16 中，HL_1 为电动机 M_1 运转指示灯，HL_2 为电动机 M_2 运转指示灯，HL_3 为电动机 M_1、M_2 停止兼电源指示灯，HL_4 为电动机 M_1 过载指示灯，HL_5 为电动机 M_2 过载指示灯。

电路中两台电动机 M_1、M_2 的过载保护采用独立控制，也就是说，当电动机 M_1 过载后，热继电器 FR_1 动作，FR_1 控制常闭触点（2-4）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转，起到过载保护作用，同时热继电器 FR_1 的控制常开触点（2-8）闭合，过载指示灯 HL_4 点亮，说明电动机 M_1 已过载了。当电动机 M_2 过载后，热继电器 FR_2 动作，FR_2 控制常闭触点（2-6）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转，起到过载保护作用，同时热继电器 FR_2 的控制常开触点（2-10）闭合，过载指示灯 HL_5 点亮，说明电动机 M_2 已过载了。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-16 所示。

电路 17　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（一）

1. 工作原理

合上主回路断路器 QF_1、QF_2，控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常。

（1）从前向后自动顺序起动

起动时，按下起动按钮 SB_2（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）瞬时断开，在交流接触器 KM_1 线圈未吸合前先断开交流接触器 KM_2 线圈并为以后延时自动接通 KM_2 线圈做准备；KT 失电延时断开的常开触点（1-13）瞬时闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转了；在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（3-5）断开，切断 KT 线圈电源，KT 线圈断电释放并开始延时；KM_1 辅助常开触点（17-19）闭

合，为后接通交流接触器 KM_2 线圈做准备；KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 先起动运转了。需说明的一点是：在按动 SB_2 时，KT 线圈得电吸合的同时，KT 不延时瞬动常开触点（9-11）虽然闭合但没有用，此触点在按下按钮 SB_1 时，它才会起作用。经 KT 延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1-13）断开，早已对 KM_1 线圈完成了起动控制后恢复原始状态，KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）闭合，接通了 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转；同时 KM_2 辅助常开触点（1-7）闭合，为电动机停止做好准备，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 也延时自动起动运转了。从而完成了起动时从前向后顺序自动起动控制。

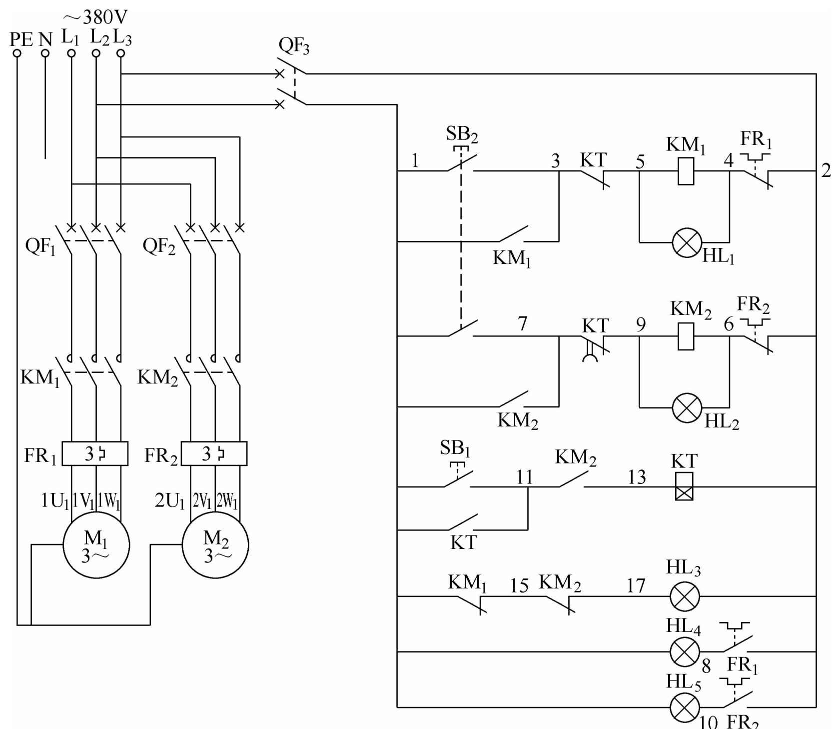


图 1-16　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路

（2）从后向前自动顺序停止

停止时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常开触点（5-7）闭合，接通失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（9-11）闭合，为接通中间继电器 KA 线圈回路做准备；KT 失电延时断开的常开

触点（1-13）立即闭合，为延时切断中间继电器 KA 和交流接触器 KM_2 线圈回路做准备。与此同时，SB_1 的另一组常开触点（7-9）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（11-13）闭合自锁，KA 常闭触点（13-15）断开，切断 KM_1 线圈的自锁回路，使其回路在停止时无用；当 KT 线圈得电吸合时，KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）断开；松开停止按钮 SB_1，KT 线圈断电释放并开始延时。在 KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）断开时，切断 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先失电停止运转了；与此同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 亮，KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 先停止运转了。经 KT 一段时间延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1-13）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_2 失电自动延时停止运转了；与此同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 也停止运转了。从而完成了停止时从后向前顺序自动停止控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-17 所示。

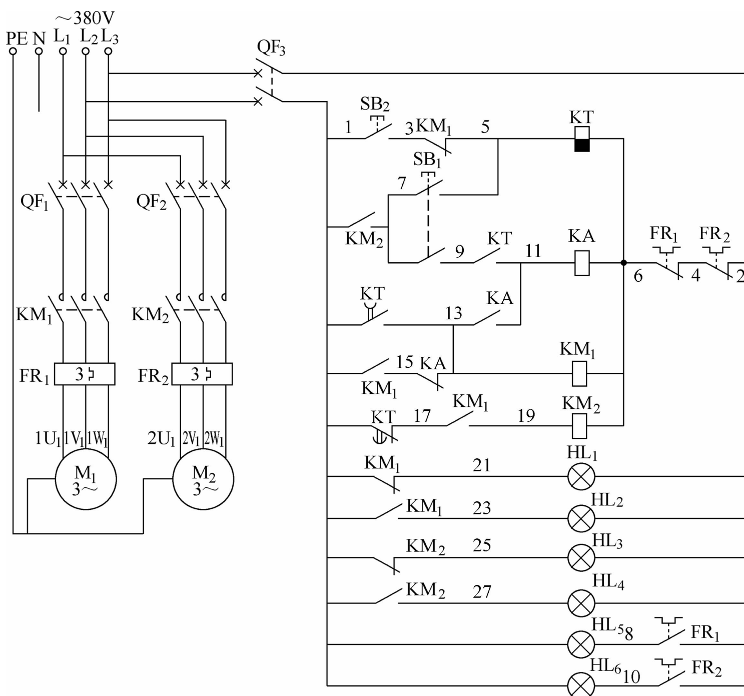


图 1-17　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（一）

电路18　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（二）

1. 工作原理

这里介绍的是一例仅用一只失电延时时间继电器来控制两台电动机从前向后顺序自动起动，从后向前顺序自动停止电路。

（1）从前向后自动起动控制

按下起动按钮 SB_2（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（19-21）立即断开，首先切断第二台电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈电源，使 KM_2 线圈不能得电，同时 KT 不延时瞬动常开触点（1-15）闭合，以及 KT 失电延时断开的常开触点（17-15）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 得电运转工作；与此同时，KM_1 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的辅助常开触点（1-9）闭合，为停止时接通 KA 做准备。松开起动按钮 SB_2（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，并开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（1-15）断开，经 KT 一段时间延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点（19-21）闭合，接通了第二台电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常闭触点（3-5）断开，KM_2 辅助常开触点（5-7、13-15）闭合，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 得电运转工作。从而完成了两台电动机从前向后顺序自动起动运转。

（2）从后向前自动停止控制

按下停止按钮 SB_1（1-7），KT 失电延时时间继电器线圈在 KM_2 辅助常开触点（5-7）（早已闭合）的作用下重新得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（19-21）立即断开，切断了第二台电动机 M_2 的控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电停止运转；在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（9-11）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（9-11）闭合自锁，KA 并联在 KT 失电延时断开的常开触点（15-17）断开，为 KT 失电延时断开 KM_1 线圈做准备。松开停止按钮 SB_1，KT 线圈断电释放并开始延时。经 KT 一段时间延时后，KT 失电延时断开的常开触点（15-17）断开，切断了第一台电动机的控制交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 失电停止运转；在 KM_1 线圈断电的同时，KM 辅助常开触点（1-9）断开，使中间继电器 KA 线圈断电释放而停止工作。从而完成了两台电动机从后向前顺序自动停止运转。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-18 所示。

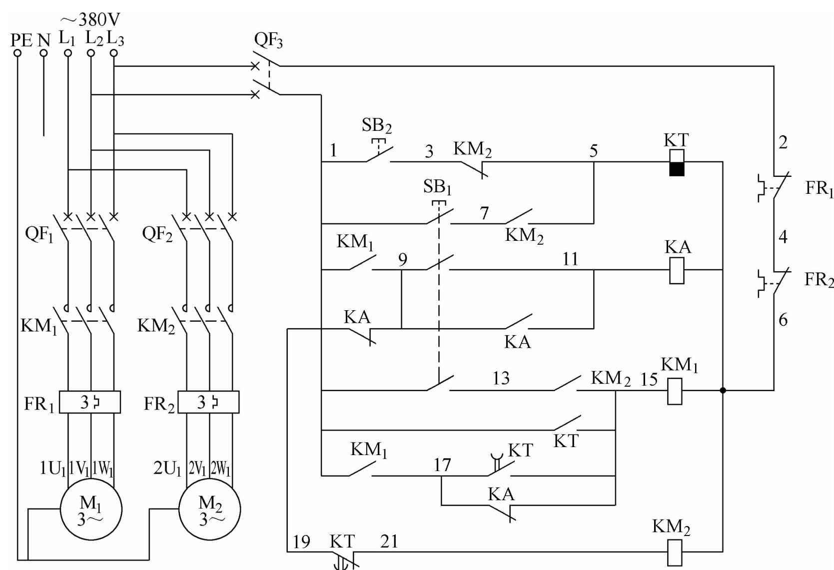


图 1-18　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（二）

电路 19　两台电动机分别起动、同时停止控制电路

1. 工作原理

合上电动机 M_1 保护断路器 QF_1、电路机 M_2 保护断路器 QF_2、控制回路保护断路器 QF_3，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

起动时，可不按顺序任意进行起动控制。欲起动第一台电动机 M_1 时，则按下起动按钮 SB_2（3-5），接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转，拖动 1#设备运转工作；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-9）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 已起动运转了。欲起动第二台电动机 M_2 时，则按下起动按钮 SB_3（3-7），接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转，拖动 2#设备运转工作；同时 KM_2 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已起动运转了。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈均断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点分别断开，使电动机 M_1、M_2 均同时失电停止运转，1#、2#设备同时停止运转；同时 KM_1 辅助常开触点（1-13）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_2 辅助常开触点（1-15）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_1 辅助常闭触

点（1-9）闭合、KM_2 辅助常闭触点（9-11）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1、M_2 已全部停止运转了。

图 1-19 中，HL_4 为电动机 M_1 过载指示灯；HL_5 为电动机 M_2 过载指示灯，当电动机出现过载动作后，其相应的过载指示灯被点亮，以告知是哪台电动机过载动作了。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 1-19 所示。

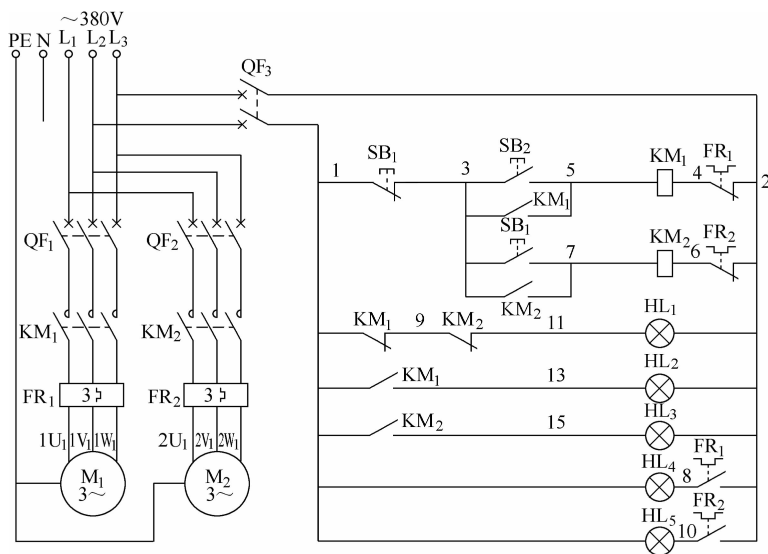


图 1-19　两台电动机分别起动、同时停止控制电路

电路 20　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路

本电路巧妙地采用一只得电延时时间继电器 KT_1 和一只失电延时时间继电器 KT_2，完成对两台电动机进行顺序自动起动、逆序自动停止控制，如图 1-20 所示。

顺序自动起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈均得电吸合且 KT_1 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，KT_1 开始延时。KT_2 失电延时断开的常开触点（1-7）立即闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。经 KT_1 一段时间延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-9）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 后得电起动运转。从而实现顺序自动起动控制。

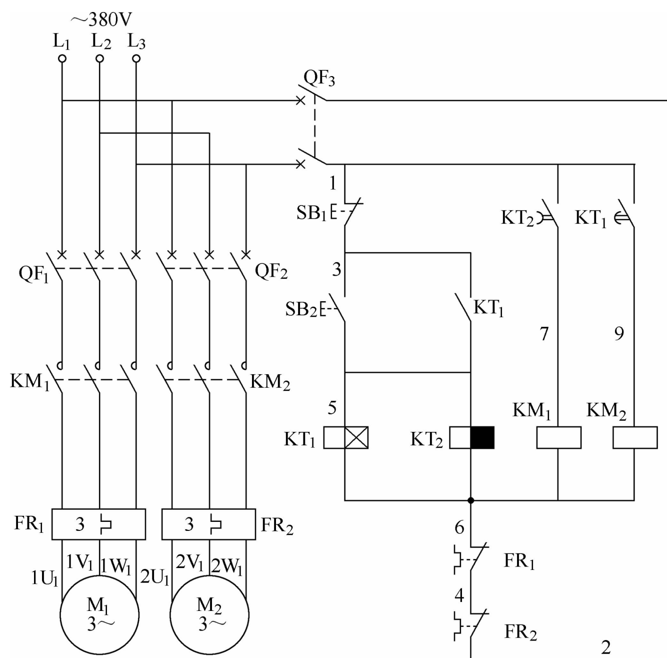


图 1-20　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路

逆序自动停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈均断电释放，KT_2 开始延时。KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-9）断开，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先失电停止运转。经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（1-7）断开，使交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 后失电停止运转。从而完成逆序自动停止控制。

电路 21　三台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（一）

电路如图 1-21 所示。

本电路采用两只得电延时时间继电器 KT_1、KT_2，经过电路巧妙设计，完成对三台电动机实现顺序自动起动、逆序自动停止控制。

电路 22　三台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（二）

电路如图 1-22 所示。

本电路采用两只失电延时时间继电器 KT_3、KT_4 和两只得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 完成对三台电动机进行顺序自动起动、逆序自动停止控制。

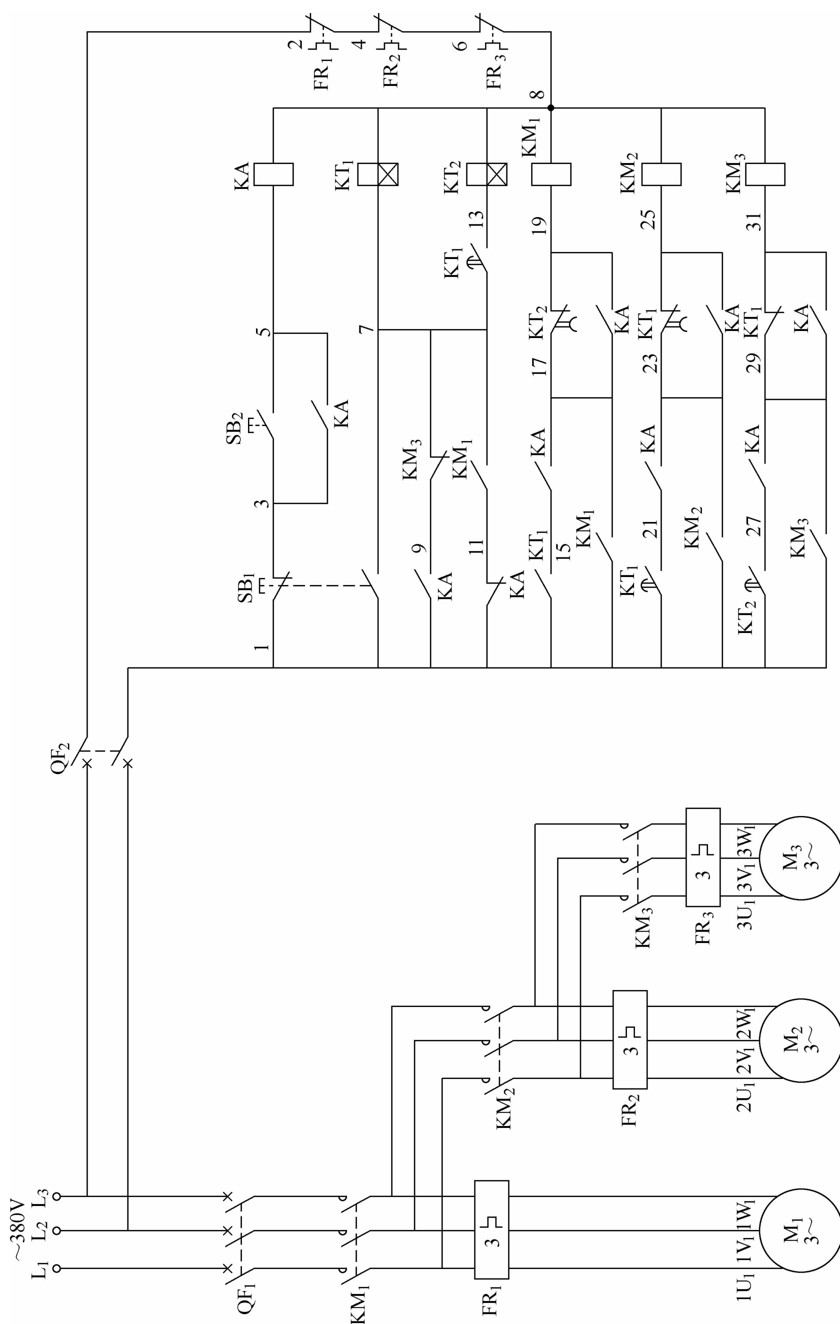
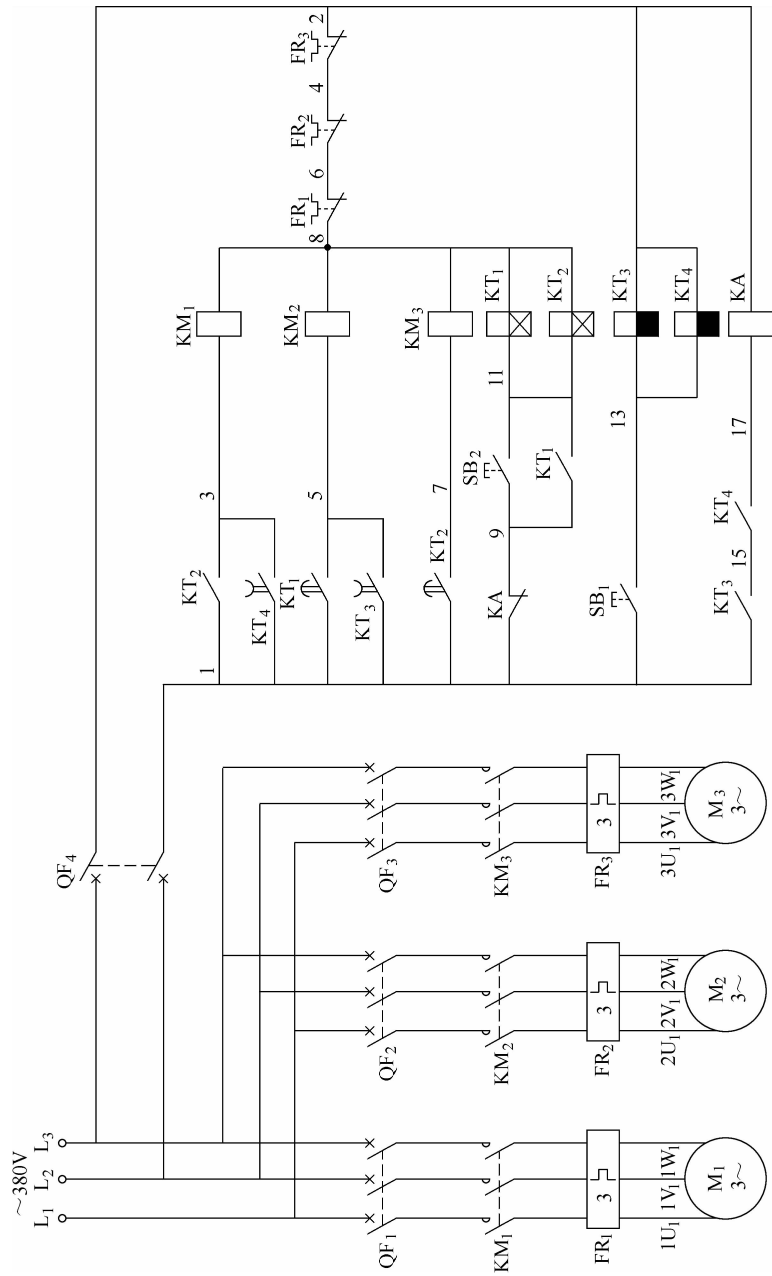


图 1-21 三台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（一）



注：KT_2的延时时间比KT_1的长 1 倍；KT_4的延时时间比KT_3的长 1 倍。

图 1-22 三台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（二）

第 2 章

电动机直接起动控制电路

电路 23　多地正反转控制回路

多地正反转控制回路如图 2-1 所示。

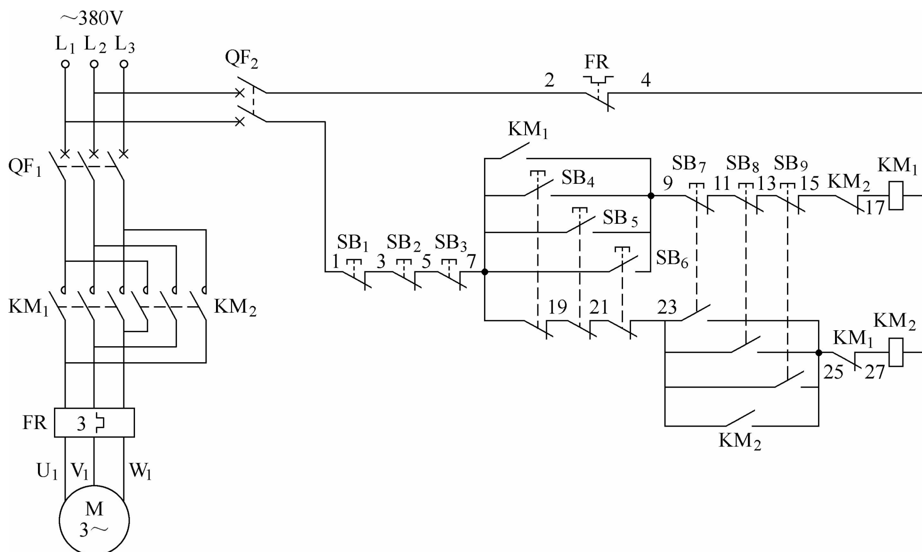


图 2-1　多地正反转控制回路

这是一例多地正反转控制电路。正转起动时，按 SB_4 或 SB_5 或 SB_6，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（7-9）闭合自锁；KM_1 辅助常闭触点（25-27）断开，起互锁作用；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。

反转起动时，按 SB_7 或 SB_8 或 SB_9，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（23-24）闭合自锁；KM_2 辅助常闭触点（15-17）断开，起互锁作用；KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

停止时，则按下停止按钮 SB_1 或 SB_2 或 SB_3 即可。

电路 24　三相交流电动机旋转方向改变方法

三相交流电动机旋转方向改变方法如图 2-2 所示。

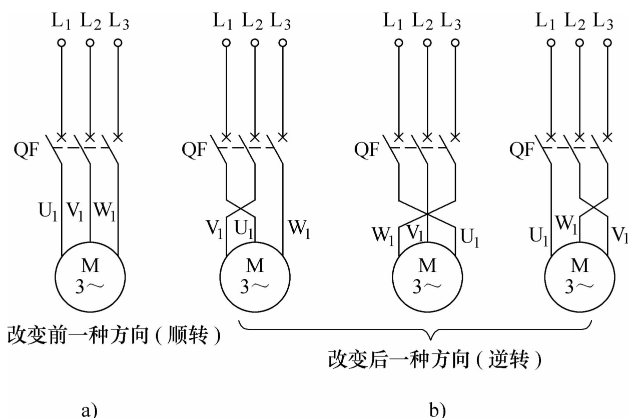


图 2-2　三相交流电动机旋转方向改变方法

大家都知道，三相交流电动机任意改变其两根接线，就会改变其旋转方向，如图 2-2b 所示。

通常以 L_1、L_2、L_3 的顺序为正相序，那么 L_3、L_1、L_2 及 L_2、L_3、L_1 的顺序也为正相序。

若以 L_2、L_1、L_3，L_1、L_3、L_2 及 L_3、L_2、L_1 的顺序则为反相序。

电路 25　单按钮长时间按下起动、瞬动按下停止的单向起停控制电路

1. 工作原理

合上断路器 QF_1、QF_2，停止兼电源指示灯 HL_2 亮，说明电源正常。

（1） 延时起动控制

这个延时起动控制不是按一下按钮 SB（1-3）后就松手，再经得电延时时间继电器 KT 延时后自动转换控制，而是用手按住按钮 SB（1-3）后不松手，一直到时间继电器延时转换后，才可松开按钮 SB（1-3）。奇次按下按钮 SB（1-3）不松手，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁并开始延时；KT 不延时瞬动常闭触点（9-11）断开，起到互锁保护作用。经 KT 一段延时后（3s），KT 得电延时闭合的常开触点（1-13）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（1-13）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；同时指示灯 HL_1 亮，HL_2 灭，说明电动机起动运转了。松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为偶次按下按钮 SB（1-3）停止电动机时做准备。在 KM 线圈得电

吸合后，KM 辅助常闭触点（3-5）断开，KM 辅助常开触点（3-9）闭合，为停止电动机时控制回路由中间继电器 KA 常闭触点（13-15）来切断交流接触器 KM 线圈做准备。

（2）瞬动按下停止控制

偶次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈在 KM 辅助常开触点（3-9）的作用下（此常开触点早已闭合）得电吸合且 KA 常开触点（3-9）闭合自锁，KA 常闭触点（13-15）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已停止运转。此时，松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为奇次起动做准备。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 2-3 所示。

图 2-3　单按钮长时间按下起动、瞬动按下停止的单向起停控制电路

电路 26　带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动

本电路在线路停电时间小于设定时间的情况下，可以实现自动快速再起动（必须是电动机在运行时出现停电情况）。当线路停电时间超出设定时间后重新来电，则电动机无法再自动起动，同时电铃 HA 发声报警，告知工作人员进行处理。

带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动电路如图2-4所示。

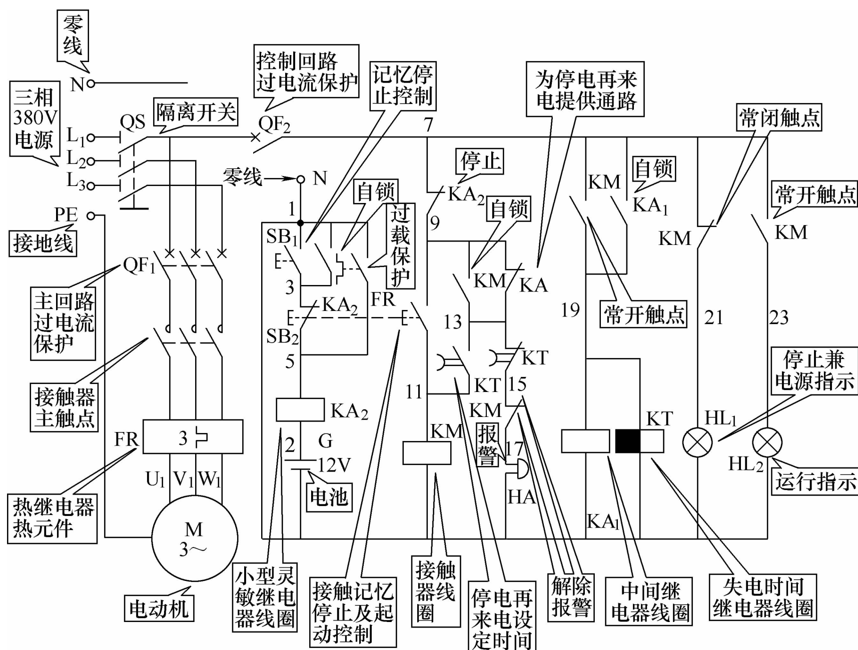


图2-4 带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动电路

按下起动按钮 SB_2（3-5常闭、9-11常开），交流接触器KM线圈得电吸合，KM三相主触点闭合，电动机M起动运转；KM的辅助常开触点（7-19）闭合，使中间继电器 KA_1 和失电延时时间继电器KT线圈同时得电吸合，且 KA_1（7-19）的常开触点闭合自锁，KT失电延时断开的常开触点（11-13）闭合，使KM常开触点（9-13）闭合自锁，电动机M正常运转。同时，KA_1 的常闭触点（9-13）断开，为线路跳闸停电后及时恢复供电重新自动起动电动机M做准备。

当线路跳闸停电时，KM、KA_1、KT线圈同时断电释放，电动机M停止工作，由于 KA_1 线圈的断电释放，使并联在KM自锁常开触点上的常闭触点 KA_1（9-13）恢复常闭状态；同时KT的失电延时断开的常开触点（11-13）延时断开，假如在KT延时时间内（整定为3min）供电恢复正常，KM则通过小型灵敏继电器 KA_2 的常闭触点（7-9）、KA_1 的常闭触点（9-13）、KT的失电延时断开的常开触点（11-13）形成回路而自动吸合，使电动机M立即起动运转。在正常停车时，按下停止按钮 SB_1（1-3），KA_2 线圈得电吸合并自锁，KA_2 的常闭触点（7-9）断开，切断了交流接触器KM线圈回路电源，KM线圈断电释放，KM的三个主触点断开，使电动机M失电停止运转。当电动机M出现过载时，热继电

器 FR 动作，其常开触点（1-5）闭合，使 KA_2 立即得电吸合，同样切断 KM 线圈回路，KM 线圈断电释放，电动机 M 停止运转，如果 FR 动作后没有复位，控制回路无法重新起动工作，必须在故障排除后或 FR 自动复位后，方可重新起动。

当机器在运转过程中，线路停电时间超出设定时间后重新来电，则电动机 M 也无法再自动起动，同时使电铃 HA 回路接通报警，告知工作人员进行处理。按下 SB_1（1-3），报警解除。

图 2-4 中，指示灯 HL_1 为停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯。

电路 27　采用两只交流固态继电器控制单相电动机正反转

如图 2-5 所示，将正反转选择控制开关 S 置于 1 时，电动机 M 正转运转；S 置于 2 时，电动机 M 反转运转；S 置于 0 时，电动机停止运转。

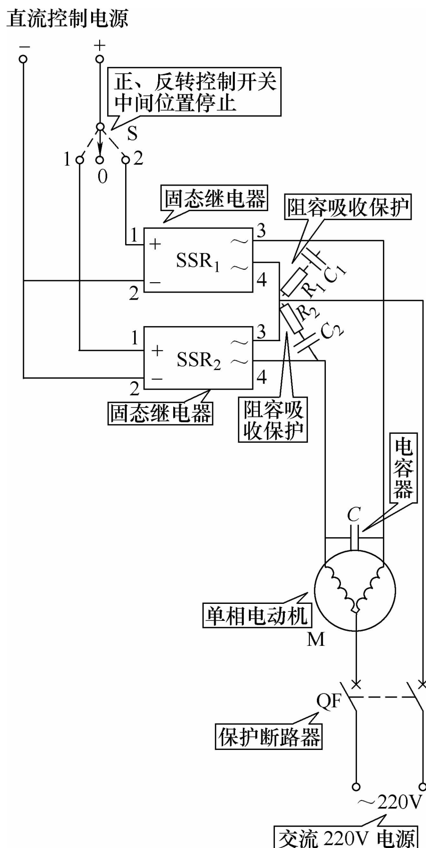


图 2-5　采用两只交流固态继电器控制单相电动机正反转电路

注意：换向时不要直接进行正、反转操作，必须先将控制开关 S 停留在 0 位置后再拨至另一转向。

电路 28　单按钮控制电动机点动、起动、停止电路

1. 工作原理

（1）点动

在得电延时时间继电器 KT 延时时间内（5s 内）按住按钮 SB（1-3）不松手，得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KT 开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（1-7）闭合，KA 常闭触点（1-9）断开，切断 KM 自锁回路，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作；在 KT 延时时间内（5s 内）松开按钮 SB（1-3），得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA 线圈断电释放，KT 不延时瞬动常开触点（1-7）断开，KA 常闭触点（1-9）恢复常闭状态，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动操作。

（2）连续起动

按住按钮 SB（1-3）的时间超出 KT 的延时时间（5s）以上后松开，KT 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，切断中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈断电释放，KA 常闭触点（1-9）恢复常闭状态，提供 KM 自锁回路；KM 线圈在 KT 不延时瞬动常开触点（1-7）的作用下得电吸合，并在 KT 延时时间（5s）后 KA 常闭触点（1-9）恢复常闭状态形成自锁回路，使交流接触器 KM 线圈继续得电吸合工作，KM 三相主触点继续闭合，电动机得电连续运转，从而完成连续起动运转操作。

（3）停止

当电动机连续起动运转后，欲停止时则瞬时按下按钮 SB（1-3），此时，得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA 线圈均得电吸合，虽然 KT 不延时瞬动常开触点（1-7）闭合，但串联在 KM 自锁回路中的 KA 常闭触点（1-9）断开，切断 KM 自锁回路，在松开按钮 SB（1-3）后，KT 不延时瞬动常开触点（1-7）断开，KA 常闭触点（1-9）也随之恢复常闭状态，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。实际上此停止操作相当于在电动机连续起动运转后，又进行了一次点动操作而实现停止的。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 2-6 所示。

电路 29　用接近开关、行程开关完成的正反转到位停止控制电路

1. 工作原理

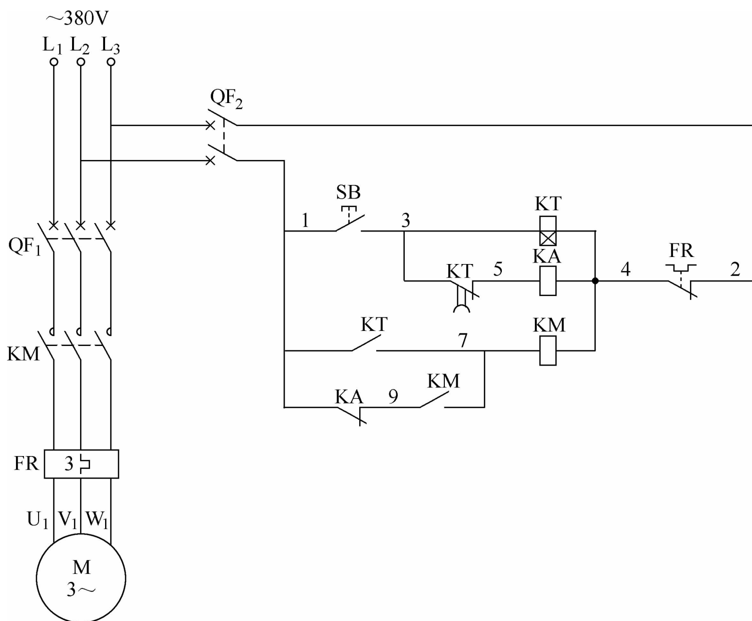


图 2-6　单按钮控制电动机点动、起动、停止电路

本例正反转到位停止控制因需要很频繁地动作，极易损坏，所以到位停止装置 SQ_3、SQ_4 采用无触点接近开关来完成。而作为两端极限保护装置 SQ_1、SQ_2 可以说基本上处于备用状态，长年不用一次，可采用普通行程开关 SQ_1、SQ_2 来实现。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

（1）电源准备

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，为电动机运转提供电源及控制条件。同时，KM 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电源准备完毕。

（2）正转起动及到位自动停止控制

正转工作时则按下正转起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动拖板向左移动；当拖板向左移动到位碰块靠近接近开关 SQ_3 时，SQ_3 动作，SQ_3 串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点（13-15）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转运转停止，拖板到位停止移动。同时当电动机正转运转时，

KM_1 辅助常开触点（1-29）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机正转运转了，当电动机正转运转停止时，KM_1 辅助常开触点（1-29）断开，指示灯 HL_3 灭，说明电动机正转运转停止了，即正转到位停止。

（3）反转起动及到位自动停止控制

反转工作时则按下反转起动按钮 SB_5（11-17），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动拖板向右移动；当拖板向右移动到位碰块靠近接近开关 SQ_4 时，SQ_4 动作，SQ_4 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点（17-19）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转运转停止，拖板到位停止移动。同时当电动机反转运转时，KM_2 辅助常开触点（1-31）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机反转运转了；当电动机反转运转停止时，KM_2 辅助常开触点（1-31）断开，指示灯 HL_4 灭，说明电动机反转运转停止了，即反转到位停止。

（4）极限限位保护

无论电动机正转还是反转运转时出现限位失灵现象，那么安装在左端或右端的极限限位保护行程开关 SQ_1 或 SQ_2 动作，将切断电源准备交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；同时相应动作的指示灯 HL_5 或 HL_6 亮，以告知是哪只行程开关动作了，从而起到极限保护作用。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 2-7 所示。

电路 30　具有定时功能的起停电路

1. 工作原理

在通常使用的最为广泛的单向起停控制电路中，常常需要有定时停机功能，本电路在原有基础上增加了一只得电延时时间继电器即可实现定时停机功能。

起动时，按下起动按钮 SB_1（3-5），接通了交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，交流接触器 KM 线圈得电吸合，且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；同时，得电延时时间继电器 KT 也得电工作并开始延时，经 KT 设定延时时间后，KT 得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈及 KT 电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现手动起动、定时自动停机功能。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 2-8 所示。

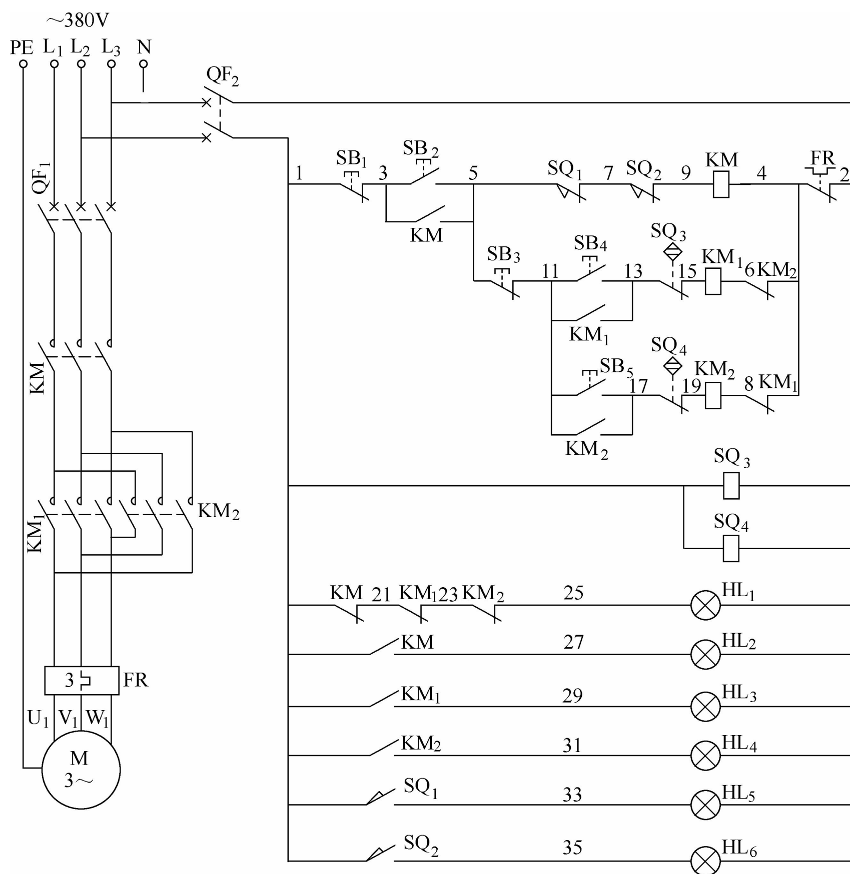


图 2-7　用接近开关、行程开关完成的正反转到位停止控制电路

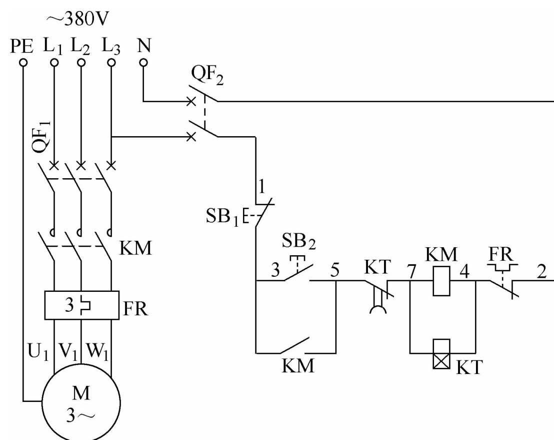


图 2-8　具有定时功能的起停电路

电路 31　起动、停止、点动混合电路（一）

1. 工作原理

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

（1）点动控制

按下点动按钮 SB_3（1-9），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（3-7）断开交流接触器 KM 自锁回路电源，使 KM 不能自锁；KA 常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；与此同时，指示灯 HL_1 灭，HL_2、HL_3 亮，说明电动机点动运转；松开点动按钮 SB_3（1-9），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点（3-5）断开，切断 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；指示灯 HL_2、HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机已点动运转结束。

（2）连续运转控制

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已得电连续运转了。

（3）停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，与此同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 2-9 所示。

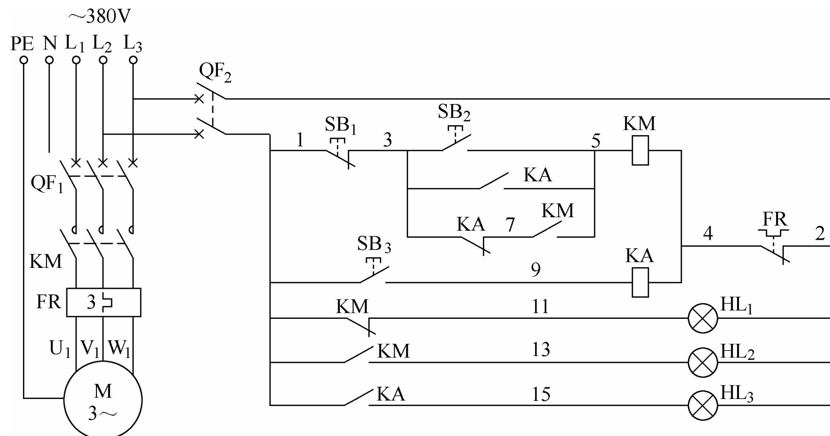


图 2-9　起动、停止、点动混合电路（一）

电路 32　起动、停止、点动混合电路（二）

电气原理图如图 2-10 所示。本电路的最大特点是按动起动按钮 SB_2 一段延时后，方可连续运转。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

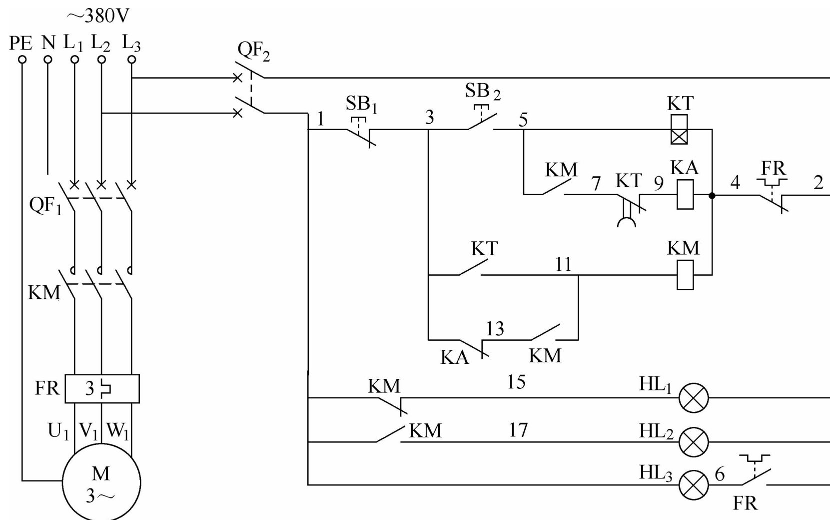


图 2-10　起动、停止、点动混合电路（二）

1. 点动

按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（3-11）闭合，接通交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5-7、11-13）均闭合，KM 辅助常开触点（5-7）接通中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（3-13）断开，切断 KM 自锁回路，KM 三相主触点闭合，电动机点动运转。

松开起动按钮 SB_2，得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA 线圈均断电释放，KT 不延时瞬动常开触点（3-11）恢复常开，KA 常闭触点（3-13）恢复常闭，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。

在 KM 线圈得电吸合的同时，KM 辅助常闭触点（1-15）断开，切断了指示灯 HL_1 的电源，KM 辅助常开触点（1-17）闭合，接通了指示灯 HL_2 的电源，这样，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机得电运转了。在 KM 线圈断电释放的同时，KM 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_2 灭；KM 辅助常闭触点（1-15）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止运转了。

2. 连续运转

按下起动按钮 SB_2（3-5）不松手，得电延时时间继电器 KT、交流接触器

KM、中间继电器 KA 线圈相继得电吸合。经 KT 延时后（3s）松开起动按钮 SB_2（3-5），KT 线圈断电释放，由于 KT 得电延时断开的常闭触点（7-9）在松开按钮前已断开，切断了中间继电器 KA 线圈电源，故 KA 线圈断电释放，KA 常闭触点（3-13）恢复常闭，为 KM 自锁提供条件。此时，KM 线圈在 KA 常闭触点（1-13）、KM 辅助常开触点（11-13）的作用下自锁，KM 三相主触点仍然闭合，电动机连续运转。同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已得电运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机停止运转。同时，KM 辅助常开触点（1-17）断开，KM 辅助常闭触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

本电路中，按钮 SB_2 有两个作用：按下按钮 SB_2 的时间小于 3s 时为点动操作，按下按钮 SB_2 的时间大于 3s 时为连续运转。

指示灯 HL_3 为电动机过载指示。若此灯被点亮，则说明电动机过载保护已动作。

电路 33　起动、停止、点动混合电路（三）

电气原理图如图 2-11 所示。

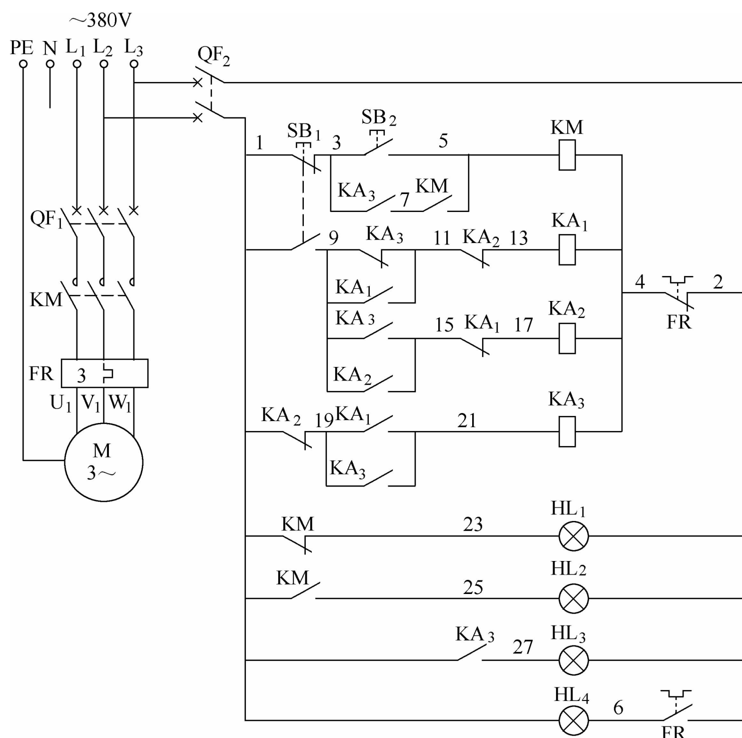


图 2-11　起动、停止、点动混合电路（三）

1. 点动控制

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合，由于 KM 自锁常开触点（5-7）回路中串联了中间继电器 KA_3 的常开触点（3-7），所以 KM 线圈尚不能自锁。此时，若按下起动按钮 SB_2（3-5），则 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转；若松开 SB_2（3-5），则 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

在按下起动按钮 SB_2 的同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机为点动运转。

2. 连续运转

从原理图中不难看出，停止按钮 SB_1 有两个作用：一是轻轻按下时，用于停止操作；二是将 SB_1 按到底，奇次为选择连续运转，偶次为解除连续运转。第一次将停止按钮 SB_1 按到底时，SB_1 的常开触点（1-9）闭合，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（9-11）闭合自锁；串联在 KA_3 线圈回路中的 KA_1 常开触点（19-21）闭合，使中间继电器 KA_3 线圈得电吸合，KA_3 常开触点（19-21）闭合自锁；串联在 KM 线圈回路中的 KA_3 常开触点（3-7）闭合，为 KM 线圈自锁做准备。此时，若松开 SB_1 按钮，则中间继电器 KA_1 线圈断电释放，为第二次按下 SB_1 解除连续运转做准备。也就是说，第一次按下 SB_1（按到底），连续运转；第二次按下 SB_1（按到底），解除连续运转；再次按下 SB_1（按到底），又恢复连续运转……

在完成上述工作后，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5-7）与早已闭合的中间继电器 KA_3 常开触点（3-7）共同组成自锁回路，KM 线圈在起动按钮 SB_2（3-5）松开后仍可继续得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电连续运转。同时，指示灯 HL_2、HL_3 亮，说明电动机处于连续运转状态。

电路 34　起动、停止、点动混合电路（四）

具有起动、停止、点动的应用电路很多，通常应用最多的是利用按钮来操作，如图 2-12 所示。本例介绍的电路仍以按钮 SB_3 作为点动控制，但电路造价较高，其原因是多增加了一只中间继电器 KA，但该电路优于任何一种点动电路，风格独特，值得借鉴。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2，中间继电器 KA 线圈得电吸合且自锁，KA 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常开触点已同时闭合，KM 线圈得电吸合，其三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1，中间继电器 KA、交流接触器 KM 线圈同时断电释放，KA

自锁触点断开解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机电源被切断而停止运转。

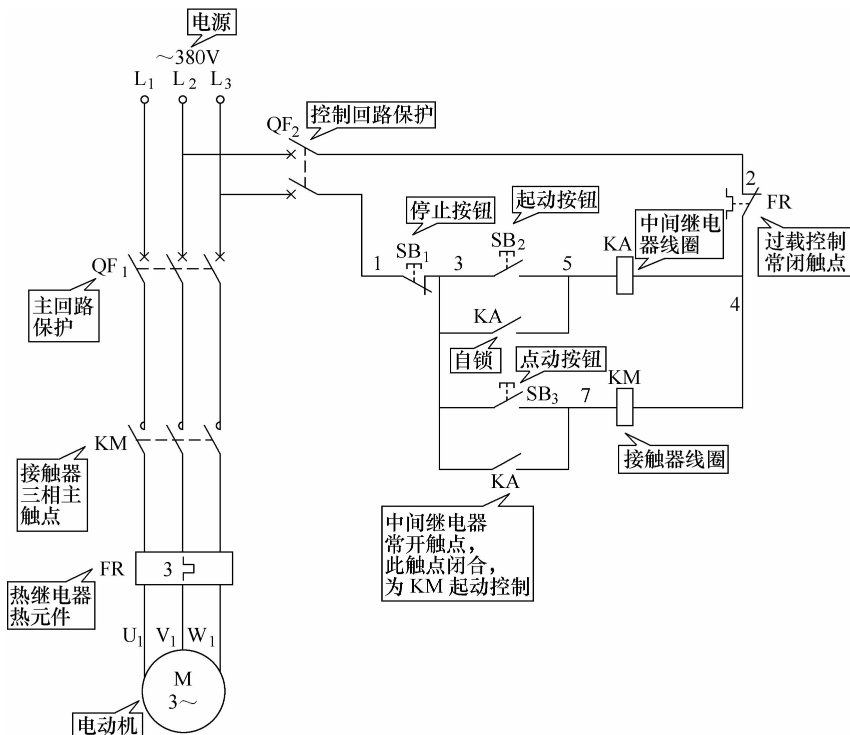


图 2-12　起动、停止、点动混合电路（四）

3. 点动

按下点动按钮 SB_3，交流接触器 KM 线圈得电吸合但无自锁触点而不能自锁，其三相主触点闭合，电动机得电运转工作，松开点动按钮 SB_3，交流接触器 KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，切断电动机电源，电动机停止工作。

也就是说，电路中若只有交流接触器 KM 吸合工作，那么它肯定是点动；如果电路中中间继电器 KA、交流接触器 KM 同时吸合工作，那么它肯定是长动。用上述方法观察配电盘内元器件工作情况，就可以知道电路处于什么工作状态了。

该电路存在美中不足之处是操作起来有时不太方便，也就是说，在长动操作后，若想进行点动操作，则必须先将长动停止下来后，方能进行点动。

电路 35　起动、停止、点动混合电路（五）

本电路采用一只转换开关 SA（3-7）来完成起动、点动操作，即断开转换开关 SA 时为点动操作，合上转换开关为连续起动运转操作。从图 2-13 中不难看出，转换开关实际上是串接在交流接触器 KM 线圈的自锁常开触点回路中，通过 SA 来选择控制电路是否能自锁，从而实现起动、点动控制。

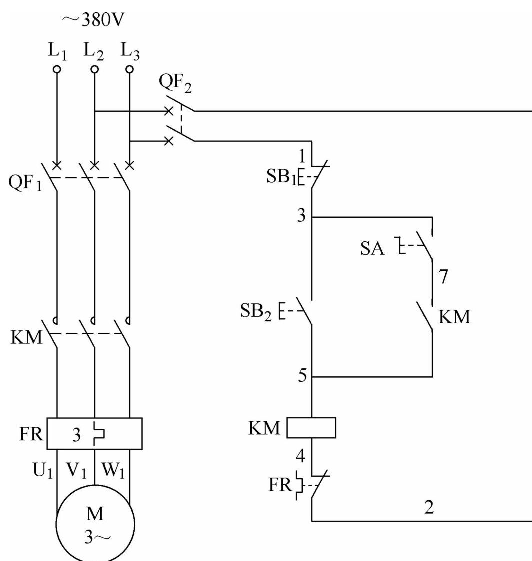


图 2-13　起动、停止、点动混合电路（五）

电路 36　起动、停止、点动混合电路（六）

本电路为起动、停止、点动混合电路。电路中，按钮 SB_1 为停止按钮，SB_2 为起动按钮，SB_3 为点动按钮。从图 2-14 中可以看出，点动按钮 SB_3 有两组触点，一组常开触点（3-5）作为点动操作触点，一组常闭触点（5-7）可切断交流接触器 KM 的自锁回路，从而实现点动操作。

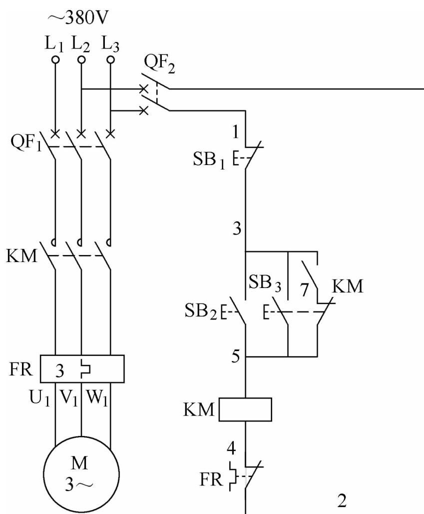


图 2-14　起动、停止、点动混合电路（六）

电路 37　起动、停止、点动混合电路（七）

本电路为起动、停止、点动混合电路，如图 2-15 所示。其中，按钮 SB_1 为停止按钮；SB_2 为起动、点动按钮。其操作方法为：按下 SB_2 的时间小于 KT 的设定时间（也就是 KT 延时时间内进行）时松开 SB_2 为点动操作，按下 SB_2 的时间大于 KT 的设定时间为连续运转时间，也叫做起动操作。

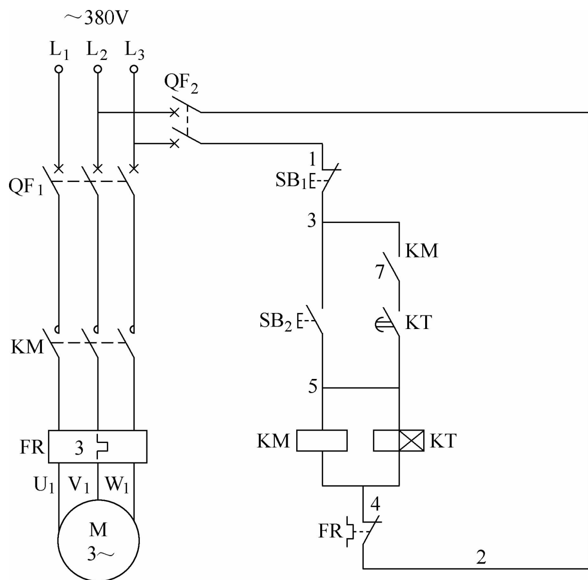


图 2-15　起动、停止、点动混合电路（七）

电路 38　起动、停止、点动混合电路（八）

本电路采用两次按钮 SB_1、SB_2 实现起动、停止、点动控制，如图 2-16 所示。其中，SB_2 用于起动操作；SB_1 有两个作用，轻轻按下 SB_1 时为停止操作，将 SB_1 按到底为点动操作。

电路 39　起动、停止、点动混合电路（九）

本电路采用三只按钮 SB_1、SB_2、SB_3 来控制两只交流接触器 KM_1、KM_2 来完成对电动机进行起动、停止、点动控制，如图 2-17 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1

辅助常开触点（3-5）断开，解除自锁，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

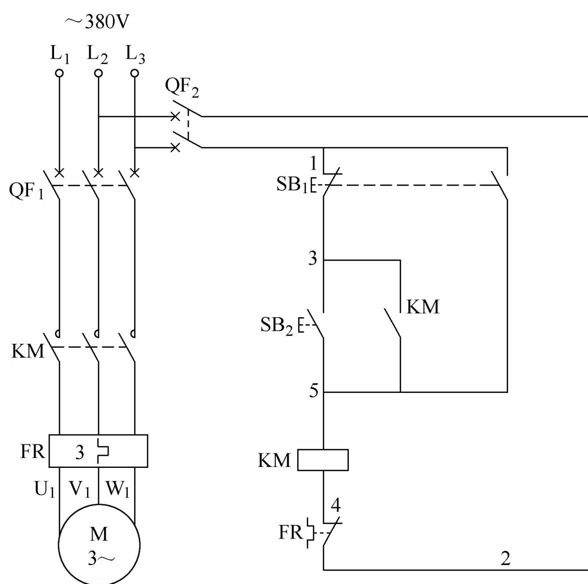


图 2-16　起动、停止、点动混合电路（八）

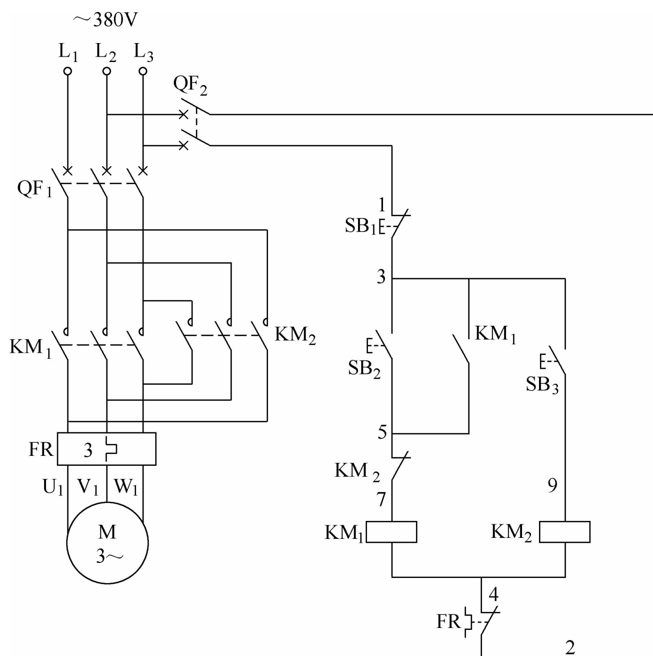


图 2-17　起动、停止、点动混合电路（九）

点动时，按下点动按钮 SB_3（3-9）不放手，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；松开被按下的点动按钮 SB_3（3-9），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动操作，按下点动按钮 SB_3（3-9）的时间长短即为电动机点动运转的时间。

电路 40　起动、停止、点动混合电路（十）

如图 2-18 所示，按下起动按钮 SB_2 的时间小于时间继电器 KT 的设定时间时，为点动操作。按下起动按钮 SB_2 的时间大于时间继电器 KT 的设定时间时，为连续运转操作。

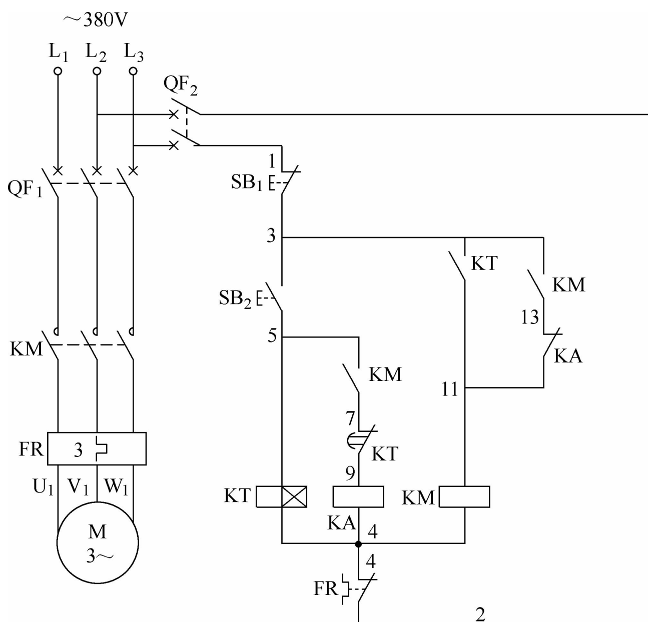


图 2-18　起动、停止、点动混合电路（十）

1. 点动

按下按钮 SB_2（3-5）不放手，KT 线圈得电吸合且 KT 开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（3-11）闭合，KM 线圈得电吸合，KM 常开触点（5-7）闭合，KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（11-13）断开，切断 KM 自锁回路，虽然 KM 自锁触点（3-13）已闭合，但自锁回路已被切断，只能完成点动操作；此时，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。在 KT 延时未结束之内，松开按下的按钮 SB_2（3-5），KT、KA 线圈断电释放，KT 常开触点（3-11）断开，KM 线

圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动操作。

2. 连续运转

按下起动按钮 SB_2（3-5）不放手，KT、KM、KA 线圈均得电吸合，且 KT 开始延时，此时 KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（7-9）断开，KA 线圈断电释放，KA 常闭触点（11-13）闭合，接通 KM 自锁回路，KM 线圈仍得电吸合，电动机得电连续运转；松开按钮 SB_2（3-5）后，KT 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。

电路 41　短暂停电自动再起动控制电路（一）

有的生产设备在运转中最怕短暂停电问题的出现，而最严重的是怕短暂停电后又恢复供电时，操作人员不能及时地重新起动设备继续运转，从而造成产品报废。本电路可解决上述问题，也就是说，生产设备在起动运转后，倘若出现短暂停电（未超出设置的延时时间）后又恢复供电，电路能自动自起动；倘若出现短暂停电时间超出设置的延时时间后，再来电时，电路默认为放弃，不再进行自动再起动操作，如图 2-19 所示。

图 2-19　短暂停电自动再起动控制电路（一）

电路 42　短暂停电自动再起动控制电路（二）

有些工艺要求特殊的生产设备，要求电动机在电网出现短暂停电又恢复供电时能快速自动地将生产设备重新起动起来。在很重要的需连续作业而不能停转的场合，如玻璃厂玻璃液窑，若电网停电时间较长，超出了玻璃液的凝固时间，势必造成产品报废！若在此玻璃液容许的再起动时间内将设备及时起动起来，即可使设备能继续进行再生产。

图 2-20 所示为另一种短暂停电自动再起动控制电路。

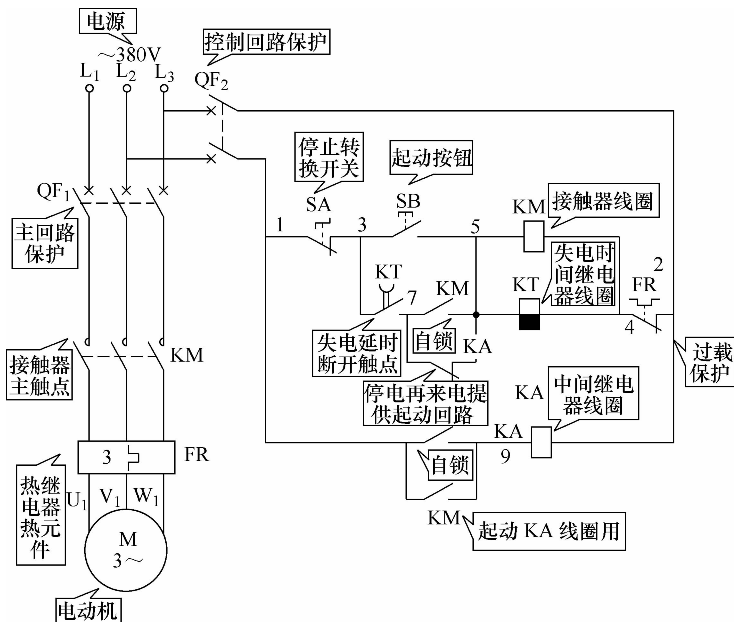


图 2-20　短暂停电自动再起动控制电路（二）

正常工作时，按下起动按钮 SB，交流接触器 KM 线圈、失电延时时间继电器 KT 同时吸合且 KT、KM 自锁，KM 辅助常开触点闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且自锁，为停电恢复供电做准备。实际上当按下起动按钮 SB 时，KM、KT、KA 三只线圈均得电工作，其 KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。当需正常停止时，则将转换开关 SA 旋至断开位置，此时，交流接触器 KM、失电延时时间继电器 KT 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。即使控制回路 KM_1、KT 线圈断电释放，但由于中间继电器 KA 线圈仍吸合不释放，其并联在交流接触器 KM 自锁触点上的常闭触点一直处于常开状态（在不断电状态下），使 KM、KT 能正常工作，不会出现任何不安全因素，达到理想的控制目的。

倘若电动机起动后，交流接触器 KM、中间继电器 KA、失电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且自锁，如果此时出现断电现象（非人为操作停机），KM、KT、KA 均断电释放，KA 并联在 KM 自锁触点上的常闭触点恢复常闭为再起动提供起动条件，同时 KT 失电延时断开的常开触点延时恢复开状态，在 KT 延时恢复过程中（也就是 KT 设定的延时时间内，即工艺所要求的延时时间）电网又恢复正常供电，则控制电源通过转换开关 SA、失电延时时间继电器 KT 延时断开的常开触点（此时仍闭合未断开），中间继电器 KA 常闭触点、失电延时时间继电器 KT 线圈、热继电器 FR 常闭触点至电源形成回路，KM_1、KT 线圈又重新得电吸合且自锁，同时 KA 也在 KM 辅助常开触点的作用下得电吸合且自锁，KM 三相主触点闭合，电动机重新起动运转工作。

电路 43　用转换开关实现可逆起动、停止控制电路

本电路是通过转换开关 SA 来实现正转或反转控制电路的选择，再通过起动按钮 SB_2（3-5）来对其控制电路进行起动操作，如图 2-21 所示。

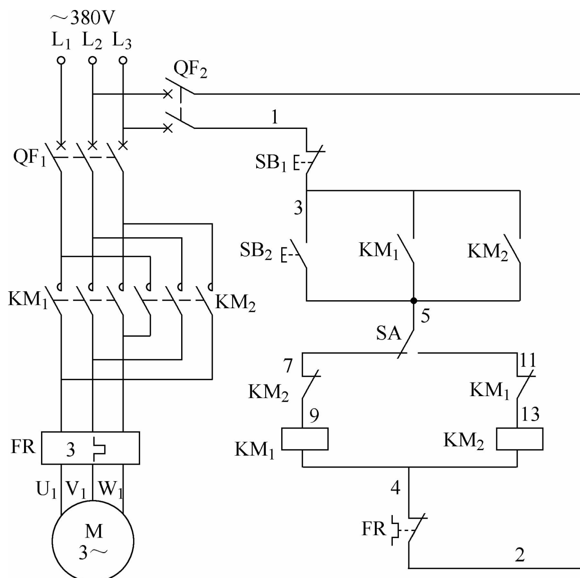


图 2-21　用转换开关实现可逆起动、停止控制电路

正转起动时，将 SA 置于左端位置，SA 触点（5-7）闭合，按下起动按钮 SB_2（3-5），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。

反转起动时，将 SA 置于右端位置，SA 触点（5-11）闭合，按下起动按钮 SB_2（3-5），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-5）闭

合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

无论正转运转还是反转运转后，欲需停止，则按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

电路 44　互锁程度极高的正反转起动、停止控制电路

本电路除了具有按钮常闭触点（5-7、13-15）、接触器辅助常闭触点（7-9、15-17）双重互锁外，还增加一个失电延时闭合的常闭触点（9-11、17-19）互锁保护，如图 2-22 所示。它的特点是无论正转还是反转起动运转后，欲需改变方向，可直接对相反转向起动按钮进行操作，但有所不同的是，在按下相反转向起动按钮后则必须延时（1～3s），方可允许起动操作。这样，可防止电动机换向时由于时间极短造成相间弧光短路事故发生。

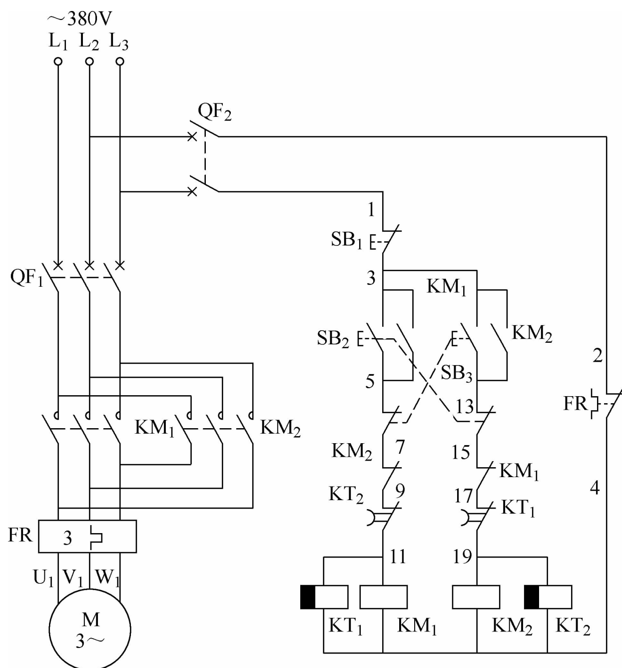


图 2-22　互锁程度极高的正反转起动、停止控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，其常闭触点（13-15）断开，起按钮常闭触点互锁作用。其常开触点（3-5）闭合，接通正转交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源且 KT_1 开始延时，KM_1、KT_1 线圈得电吸合，且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁；KM_1 辅助常闭触点（15-17）断开，起接触器常闭触点互锁作用；KT_1 失电延时闭合的常闭触点（17-19）立即断开，起失电延时闭合的常闭触点互锁作用。与此同时，KM_1 三相主触点闭合，电动

机得电正转起动运转。

倘若电动机正转起动运转后，欲需进行反转起动操作，则按住反转起动按钮 SB_3 不放手（待电动机反转起动运转后松开），其常闭触点（5-7）断开，切断交流接触器 KM_1 和失电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KM_1、KT_1 线圈断电释放，KT_1 开始延时；KM_1 辅助常开触点（3-5）断开，解除自锁；KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转；KM_1 辅助常闭触点（15-17）闭合，解除互锁；经 KT_1 一段时间（1～3s）延时后，KT_1 失电延时闭合的常闭触点（17-19）恢复常闭状态，解除互锁，以延长其正、反转起动转换操作时间。此时，SB_3 的常开触点（3-13）闭合，接通反转交流接触器 KM_2 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源且 KT_2 开始延时，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合自锁；KM_2 辅助常闭触点（7-9）断开，起接触器常闭触点互锁作用；KT_2 失电延时闭合的常闭触点（9-11）立即断开，起失电延时闭合的常闭触点互锁作用。与此同时，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

电路 45　单按钮控制电动机起停电路（一）

本电路新颖之处为单按钮代替两只按钮实现电动机起动、停止控制，如图 2-23 所示。也就是说，奇次按下按钮 SB，完成起动操作；偶次按下按钮 SB，完成停止操作。

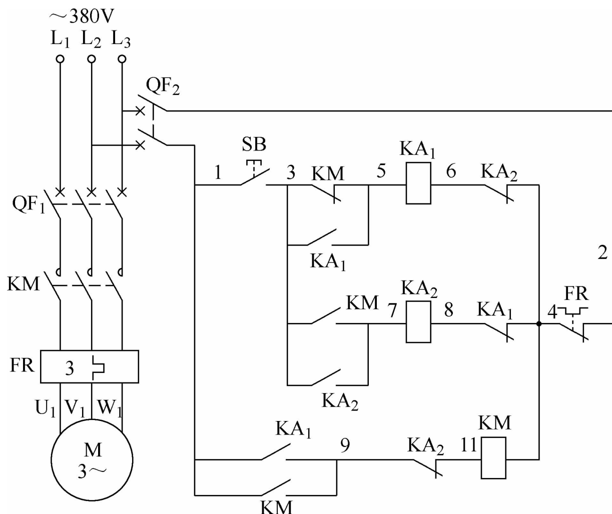


图 2-23　单按钮控制电动机起停电路（一）

起动时，奇次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1 线圈得电吸合且自锁（3-5），KA_1 常开触点（1-9）闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁（1-9），KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。松开按钮 SB（1-3），中间继

电器 KA_1 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。

停止时，偶次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2 线圈得电吸合且自锁（3-7），KA_2 常闭触点（9-11）断开，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。

电路 46　单按钮控制电动机起停电路（二）

单按钮控制电动机起停电路如图 2-24 所示。

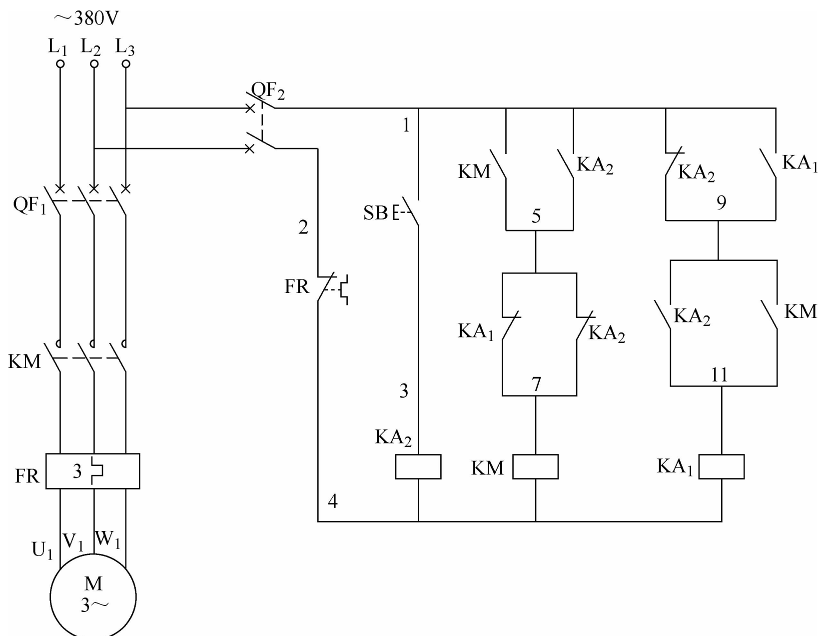


图 2-24　单按钮控制电动机起停电路（二）

起动时，奇次按下按钮 SB 不放手，其常开触点（1-3）闭合，接通中间继电器 KA_2 线圈回路电源，KA_2 线圈得电吸合，KA_2 的两组常闭触点（5-7、1-9）均断开，KA_2 的两组常开触点（1-5、9-11）均闭合，此时交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 的两组常开触点（1-5、9-11）均闭合，其中 KM 的一组常开触点（1-5）闭合将 KM 线圈回路自锁了起来，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。松开按钮 SB 后，其常开触点（1-3）断开，中间继电器 KA_2 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。在松开按钮 SB 后，中间继电器 KA_1 线圈在 KA_2 常闭触点（1-9）和已闭合的 KM 辅助常开触点（9-11）的作用下得电吸合且 KA_1 常开触点（1-9）闭合自锁，KA_1 常闭触点（5-7）断开，为偶次按下按钮

SB 时，停止电动机做准备。

停止时，偶次按下按钮 SB 不放手，其常开触点（1-3）闭合，接通中间继电器 KA_2 线圈回路电源，KA_2 线圈得电吸合，KA_2 的两组常闭触点（5-7、1-9）均断开，KA_2 的两组常开触点（1-5、9-11）均闭合（注意，此时闭合无效），此时，KA_2 的的一组常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时 KM 串联在 KA_1 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）断开，为松开按钮 SB 时，切除中间继电器 KA_1 线圈回路电源做准备。松开按钮 SB 后，中间继电器 KA_2 线圈断电释放，KA_2 所有触点恢复原始状态，KA_2 的一组常开触点（9-11）断开，切断中间继电器 KA_1 线圈回路电源，KA_1 线圈断电释放，KA_1 的所有触点恢复原始状态，为奇次起动做准备。

至此，完成对电动机进行奇次起动、偶次停止控制。

电路 47　单按钮控制电动机正反转定时停机电路

本电路用一只按钮来控制电动机正反转定时停机，即第一次按下按钮 SB 时，电动机正转，经运转一段时间后自动停止；第二次按下按钮 SB 时，电动机反转，经运转一段时间后自动停止；第三次按下按钮 SB 时，电动机又正转，重复循环控制。其控制电路如图 2-25 所示。

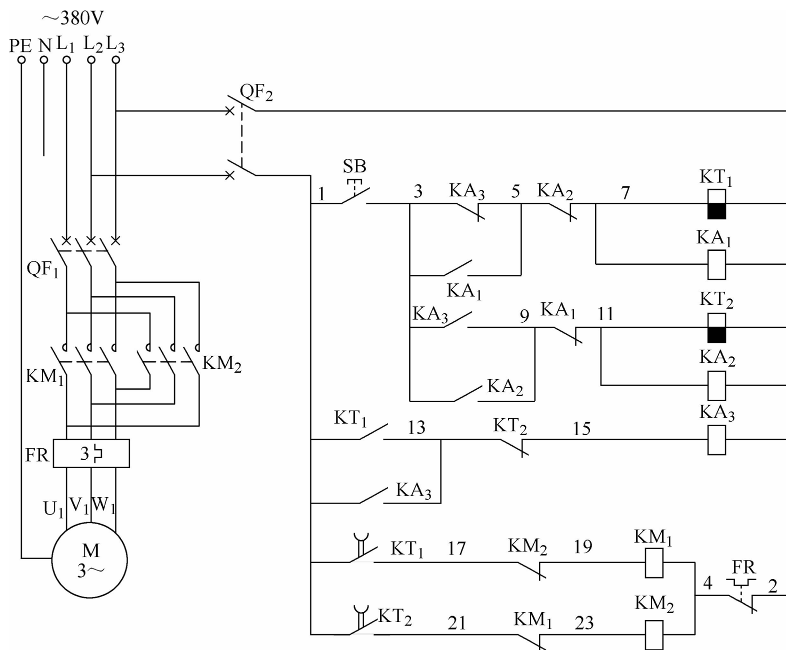


图 2-25　单按钮控制电动机正反转定时停机电路

1. 正转运行定时停机

第一次按下按钮SB（1-3），中间继电器KA_1、失电延时时间继电器KT_1线圈得电吸合，KA_1常开触点（3-5）闭合自锁，KA_1常闭触点（9-11）断开，切断KT_2、KA_2线圈回路电源，起到互锁作用；同时KT_1不延时瞬动常开触点（1-13）闭合，接通中间继电器KA_3线圈回路电源，KA_3常开触点（1-13）闭合自锁，KA_3常闭触点（3-5）断开，KA_3常开触点（3-9）闭合，为第二次按下按钮SB（1-3）时，禁止KT_1、KA_1线圈得电吸合，允许KT_2、KA_2线圈得电吸合做准备。同时KT_1失电延时断开的常开触点（1-17）立即闭合，正转交流接触器KM_1线圈得电吸合，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。松开按钮SB（1-3），中间继电器KA_1、失电延时时间继电器KT_1线圈均断电释放，KA_1所有触点恢复原来状态，KT_1不延时瞬动常开触点（1-13）也恢复原来状态，此时KT_1开始延时，经KT_1延时后（其延时时间可根据实际工作要求自行而定），KT_1失电延时断开的常开触点（1-17）断开，切断了正转交流接触器KM_1线圈电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电正转运转定时停机结束。

2. 反转运行定时停机

第二次按下按钮SB（1-3），由于中间继电器KA_3常开触点（3-9）的作用（此时已闭合），中间继电器KA_2、失电延时时间继电器KT_2线圈得电吸合，KA_2常开触点（3-9）闭合自锁，KA_2常闭触点（5-7）断开，切断KT_1、KA_1线圈回路电源，起到互锁作用；同时KT_2不延时瞬动常闭触点（13-15）断开，切断了中间继电器KA_3线圈电源，KA_3线圈断电释放，其所有触点恢复原来状态，为第三次按下按钮SB（1-3）时，禁止KT_2、KA_2线圈得电吸合，允许KT_1、KA_1线圈得电吸合做准备。同时KT_2失电延时断开的常开触点（1-21）立即闭合，反转交流接触器KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。松开按钮SB（1-3），中间继电器KA_2、失电延时时间继电器KT_2线圈均断电释放，KA_2所有触点恢复原来状态，KT_2不延时瞬动常闭触点也恢复原来状态，此时KT_2开始延时，经KT_2延时后（其延时时间可根据实际工作要求自行而定），KT_2失电延时断开的常开触点（1-21）断开，切断了反转交流接触器KM_2线圈电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电反转运转定时停机结束。

总之，奇次按动按钮SB（1-3）时，电动机正转运转并定时自动停机；偶次按动按钮SB（1-3）时，电动机反转运转并定时自动停机。

电路48　具有五重互锁的正反转起动停止控制电路

本电路是目前正反转起动、停止控制电路中互锁程度最高的优秀电路，如图

2-26 所示。

它具有以下五重互锁保护：

1）正反转两只接触器上有机械互锁装置。

2）按钮常闭触点互锁保护。

3）接触器常闭触点互锁保护。

4）失电延时时间继电器不延时瞬动常闭触点互锁保护。

5）失电延时时间继电器失电延时闭合的常闭触点互锁保护。

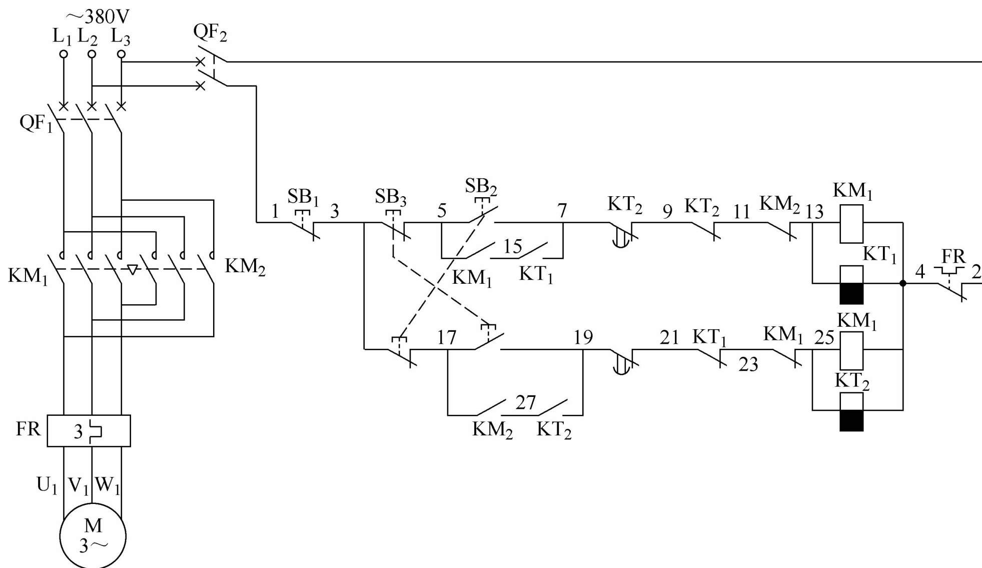


图 2-26　具有五重互锁的正反转起动停止控制电路

电路 49　电动机间歇运转控制电路（一）

电动机间歇运转电路应用很广泛，其控制电路如图 2-27 所示。在很多机床加工、农业机械以及液压传动系统中得到广泛应用。

顾名思义，说穿了就是设备工作一会儿再停止一段时间，然后再运转一会儿再停止一段时间，如此重复工作下去。如机床设备上的自动间歇润滑控制系统。

需工作时，合上转换开关 SA 后，此时电动机不会起动运转，其原因是时间继电器 KT_1 延时时间未到仍处于断开状态，交流接触器 KM 线圈得不到控制电源而不能工作。

当时间继电器 KT_1 延时时间（设定时间，此时间就是电动机的停止时间，即间歇时间）到达时，KT_1 延时闭合的常开触点闭合，此时，交流接触器 KM 和另一只时间继电器 KT_2 线圈同时得电吸合工作，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

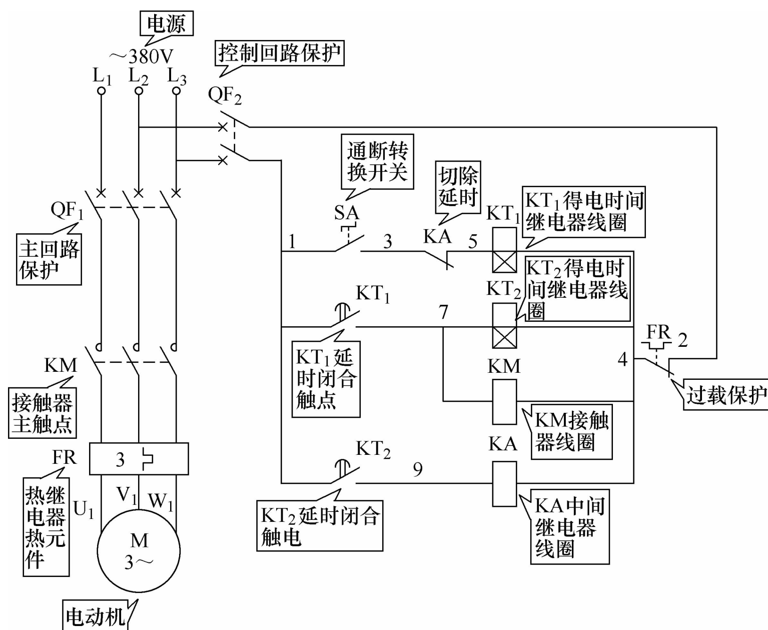


图 2-27　电动机间歇运转控制电路（一）

而 KT_2 时间继电器又开始延时（此时间就是电动机的运转时间），经 KT_2 延时时间后，KT_2 延时闭合的常开触点闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在时间继电器 KT_1 线圈回路中的常闭触点断开，切断了时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈断电释放，交流接触器 KM 以及时间继电器 KT_2 线圈均断电释放，中间继电器线圈也因 KT_2 恢复常开而断电释放，电路恢复原始状态，KM 三相主触点断开，电动机失电停止工作。

如此重复完成间歇运行。

该电路中时间继电器 KT_1、KT_2 为得电延时时间继电器，其延时时间可根据实际需要分别调整。

电路 50　电动机间歇运转控制电路（二）

某些工艺控制要求电动机完成间歇运转，也就是电动机运转一段时间后延时自动停止，然后再延时自动起动，完成间歇控制。

图 2-28 所示是另一种电动机间歇运转控制电路。

工作时合上控制开关 SA，此时交流接触器 KM、时间继电器 KT_1 线圈得电吸合工作，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。经一段延时后（即运转时间），KT_1 延时闭合的常开触点闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且自锁，

切断了交流接触器 KM、时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KM、KT_1 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，切断了电动机电源，电动机失电停止运转。同时，时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时（其延时时间为电动机停止运转时间），经 KT_2 延时后，KT_2 延时断开的常闭触点切断了中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈断电释放，其串联在 KM、KT_1 线圈回路中的常闭触点恢复原始状态，此时 KM、KT_1 线圈又得电工作，KM 三相主触点又闭合，电动机又得电运转了。重复上述过程，从而实现电动机的间歇运转。

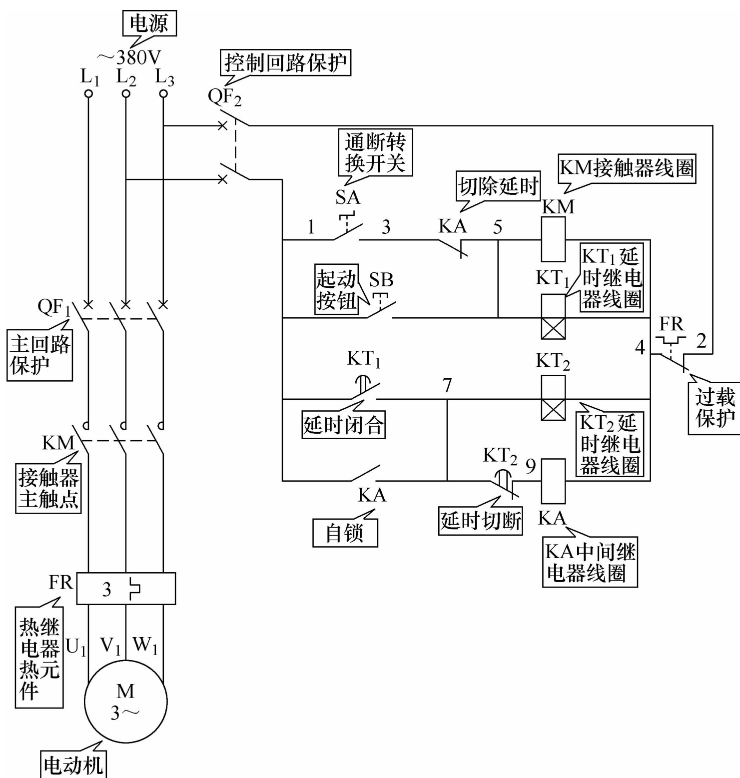


图 2-28　电动机间歇运转控制电路（二）

本电路与前例电路不同之处在于多增设了一只按钮 SB，作为点动控制或根据实际要求长时间按动此按钮使电动机不按间歇运行控制工作，即按动 SB 多长时间电动机就运转多长时间。

电路 51　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

用电弧联锁继电器延长时间的正反转控制电路如图 2-29 所示。

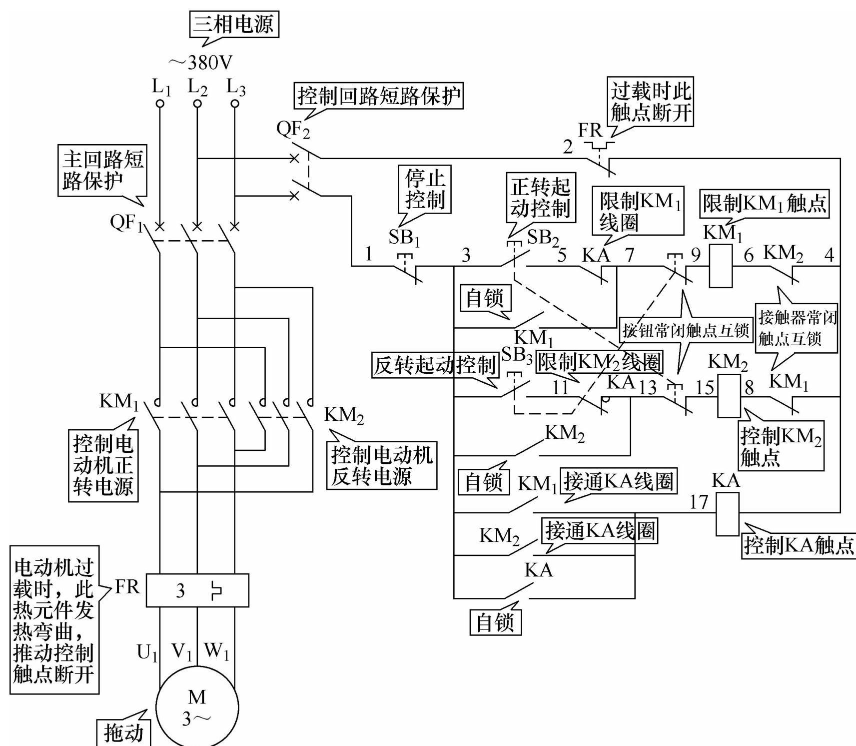


图 2-29　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点（3-17）闭合，电动机得电正转运转；与此同时，KM_1 辅助常开触点闭合，接通了电弧联锁继电器 KA 线圈回路电源，使其得电吸合且 KA 常开触点（3-17）闭合自锁，KA 分别串联在正转起动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_3 操作回路中的常闭触点（5-7、11-13）均断开，使其不能再进行正反转起动操作，起到限制作用。

2. 反转起动

若电动机已正转运转，欲直接操作反转起动按钮 SB_3，因电弧联锁继电器 KA 常闭触点（5-7、11-13）的作用而无法进行操作，故必须先按下停止按钮 SB_1（1-3），正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转；同时，电弧联锁继电器 KA 线圈也断电释放，KA 串联在各起动回路中的常闭触点（5-7、11-13）恢复常闭状态，以此延长其转换时间，防

止因正反转操作过快而出现电弧短路问题。当 KA 常闭触点恢复后，方可操作反转起动按钮 SB_3，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转；与此同时，KM_2 辅助常开触点（3-17）闭合，接通了电弧联锁继电器 KA 线圈回路电源，使其得电吸合且 KA 常开触点（3-17）闭合自锁，KA 分别串联在正转起动按钮 SB_2 和反转起动按钮 SB_3 操作回路中的常闭触点（5-7、11-13）均断开，使其不能再进行正反转起动操作，起到限制作用。

3. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），正转交流接触器 KM_1 和电弧联锁继电器 KA 或反转交流接触器 KM_2 和电弧联锁继电器 KA 线圈断电释放，KM_1 或 KM_2 各自的三相主触点断开，电动机失电正转或反转运转停止。

电路 52　多台电动机可预选起动控制电路

有很多控制设备要求多台电动机能同时起动，也能分别控制或两台以上组合控制。图 2-30 所示为多台电动机可预选起动控制电路。图 2-30 中复合预选开关 SA_1、SA_2、SA_3、SA_4 能分别对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4 进行单机或联机组合控制。

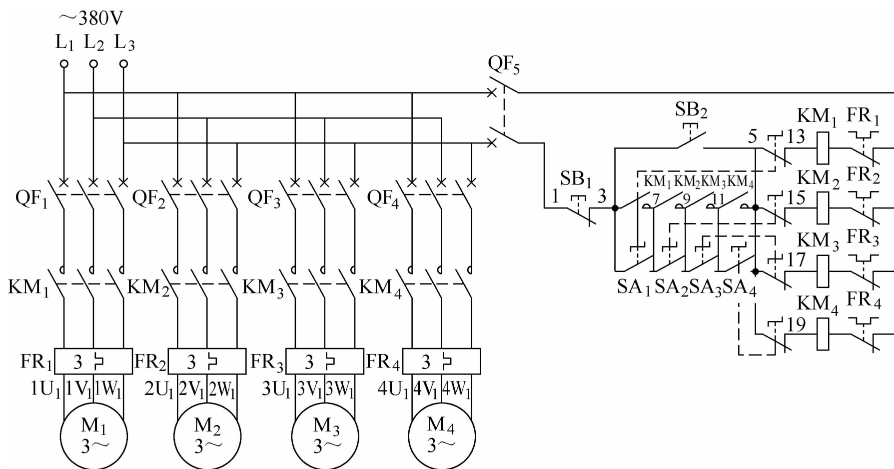


图 2-30　多台电动机可预选起动控制电路

复合预选开关 SA_1 断开，交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4 动作，电动机 M_2、M_3、M_4 同时运转。

复合预选开关 SA_2 断开，交流接触器 KM_1、KM_3、KM_4 动作，电动机 M_1、M_3、M_4 同时运转。

复合预选开关 SA_3 断开，交流接触器 KM_1、KM_2、KM_4 动作，电动机 M_1、M_2、M_4 同时运转。

复合预选开关 SA_4 断开，交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 动作，电动机 M_1、M_2、M_3 同时运转。

复合预选开关 SA_1、SA_2 断开，交流接触器 KM_3、KM_4 动作，电动机 M_3、M_4 同时运转。

复合预选开关 SA_1、SA_3 断开，交流接触器 KM_2、KM_4 动作，电动机 M_2、M_4 同时运转。

复合预选开关 SA_1、SA_4 断开，交流接触器 KM_2、KM_3 动作，电动机 M_2、M_3 同时运转。

复合预选开关 SA_2、SA_3 断开，交流接触器 KM_1、KM_4 动作，电动机 M_1、M_4 同时运转。

复合预选开关 SA_2、SA_4 断开，交流接触器 KM_1、KM_3 动作，电动机 M_1、M_3 同时运转。

复合预选开关 SA_3、SA_4 断开，交流接触器 KM_1、KM_2 动作，电动机 M_1、M_2 同时运转。

复合预选开关 SA_1、SA_2、SA_3 断开，交流接触器 KM_4 动作，电动机 M_4 运转。

复合预选开关 SA_1、SA_2、SA_4 断开，交流接触器 KM_3 动作，电动机 M_3 运转。

复合预选开关 SA_2、SA_3、SA_4 断开，交流接触器 KM_1 动作，电动机 M_1 运转。

复合预选开关 SA_1、SA_3、SA_4 断开，交流接触器 KM_2 动作，电动机 M_2 运转。

在实际使用时，只要事先将不需要运转的相应复合预选开关拨至接通位置，那么该编号的交流接触器线圈回路就被切断，该回路所控电动机就无法得电工作了。这样，只要操作起动按钮 SB_2，你所预置的电动机组合运转方式就能完成。

该电路所用器件少，操作方便，动作可靠，是一种很实用的预选控制电路。

电路53　只有按钮互锁的可逆起停控制电路

只有按钮互锁的起停控制电路如图2-31所示。

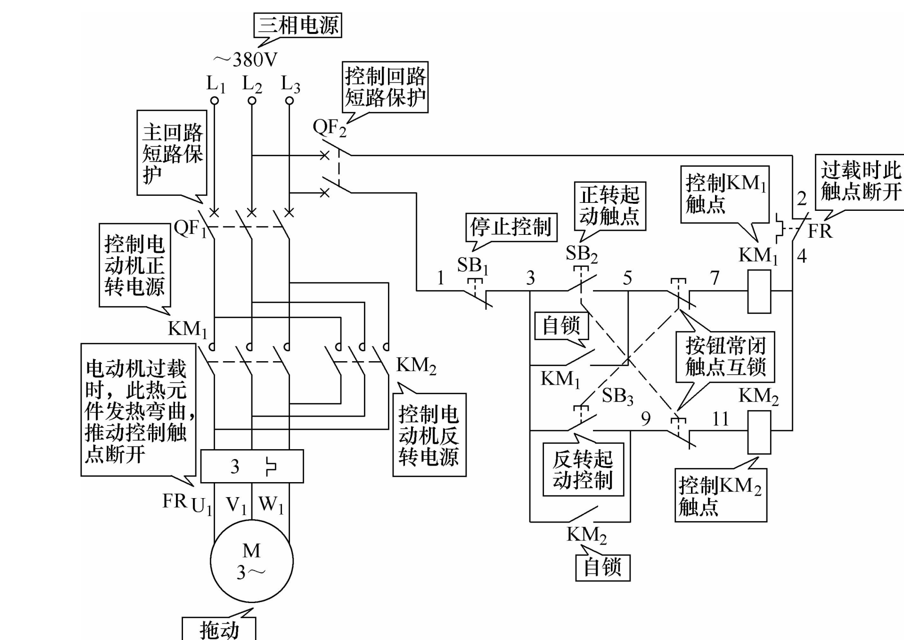


图 2-31　只有按钮互锁的可逆起停控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点（9-11）断开，起互锁作用，SB_2 的另外一组常开触点（3-5）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动设备正转工作。

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转，拖动设备正转停止工作。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，起互锁作用，SB_3 的另外一组常开触点（3-9）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动设备反转工作。

4. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相

主触点断开，电动机失电反转停止运转，拖动设备反转停止工作。

电路 54　只有按钮互锁的可逆点动控制电路

大家都知道，按钮一般都有一组常开触点和一组常闭触点，若将按钮的一组常闭触点相互串联在对方线圈回路中组成正反转互锁电路，是一种最简单的互锁方法。

图 2-32 所示为只有按钮互锁的可逆点动控制电路。

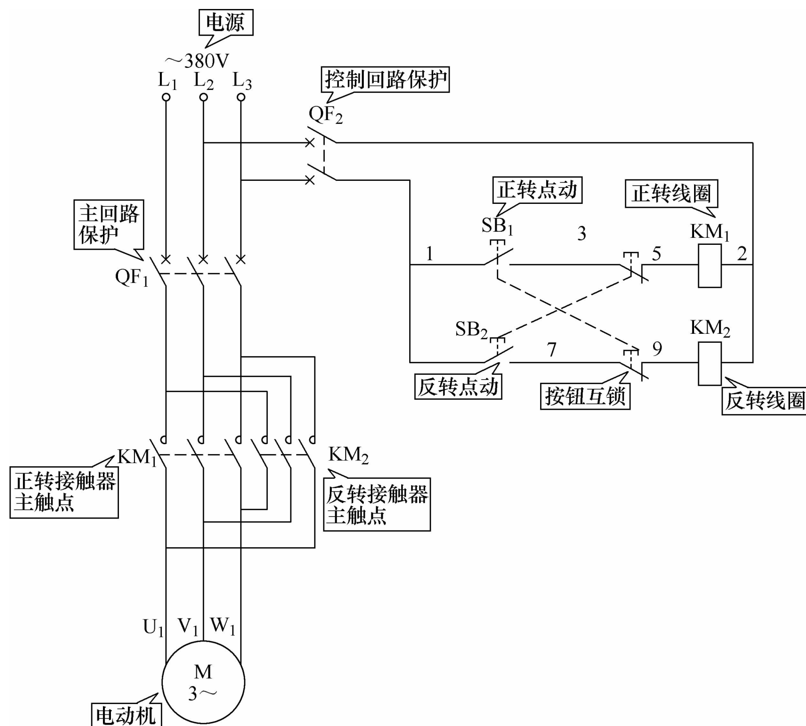


图 2-32　只有按钮互锁的可逆点动控制电路

从图 2-32 中可以看出，本电路也只有按钮常闭触点互锁，电路不太完善，但可以使用。

正转点动时，按下正转点动按钮 SB_1，SB_1 串联在对方反转交流接触器 KM_2 线圈回路中作为互锁保护的常闭触点先断开，切断了反转接触器 KM_2 线圈回路电源，使其不能得电吸合（起到互锁保护作用）；另外，SB_1 另一组常开触点再闭合（无论按钮还是交流接触器、中间继电器触点动作时均为先断开常闭触点，然后再闭合常开触点），此时，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，其三相主触点闭合，电动机得电正转工作，松开 SB_1，KM_1 线圈失电释放其主触点断开，电动机

失电停止转动。反转点动时，按下反转点动按钮 SB_2，SB_2 串联在对方正转交流接触器 KM_1 线圈回路中作为互锁保护的常闭触点先断开，切断了正转接触器 KM_1 线圈回路电源，使其不能得电吸合（起到互锁保护作用）；另外，SB_2 另一组常开触点再闭合，此时，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，其三相主触点闭合（该交流接触器已倒相了，即相序改变了），电动机得电反转工作；松开 SB_2，KM_2 线圈失电释放，其主触点断开，电动机失电停止转动。

按动按钮 SB_1、SB_2 的时间，就是电动机正转、反转运转的时间。

特别注意：该电路倘若出现任意一只交流接触器主触点熔焊时，而误按动按钮使另一只交流接触器也吸合造成两相电源短路问题，请读者在应用中加以注意，确保安全。

电路 55　防止相间短路的正反转控制电路（一）

防止相间短路的正反转控制电路（一）如图 2-33 所示。

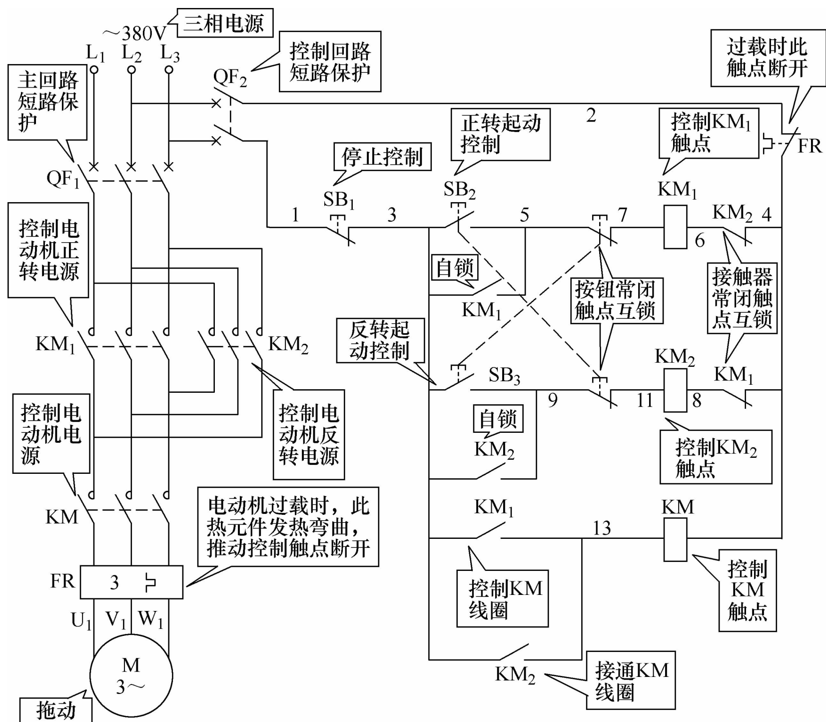


图 2-33　防止相间短路的正反转控制电路（一）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

本电路与常用的具有按钮常闭触点互锁、接触器常闭触点互锁基本相同，不同的是分别利用 KM_1 和 KM_2 的一组辅助常开触点（3-13、3-13）来控制交流接触器 KM 的线圈回路电源，使其在选择好正转或反转之后再将 KM 投入进去，以此延长正反转选择后与电动机电源的转换时间，达到防止相间短路的目的。从主回路看，正转交流接触器 KM_1 与反转交流接触器 KM_2 是并联关系（但需换相），再与交流接触器 KM 相串联，这样从电路中不难看出，正转时 KM_1 先工作，KM 再工作；而反转时则 KM_2 先工作，KM 再工作，以延长其转换时间。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（9-11）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁作用；SB_2 的另外一组常开触点（3-5）闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点先闭合（说明已正转选择完成），同时 KM_1 辅助常开触点（3-13）闭合，再接通延长转换时间用交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点紧跟着也闭合（就是利用 KM_1 与 KM 之间的转换时间来防止相间短路事故的发生），这时电动机绕组才会得以三相交流 380V 电源而正常运转。

2. 反转起动

当电动机处于正转运转后，需进行反转起动时，不需按下停止按钮 SB_1（1-3），直接按动反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（5-7）断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转；与此同时，延长转换时间用交流接触器 KM 线圈也断电释放，KM 三相主触点断开，为下一次重新工作做准备。在按下反转起动按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另外一组常开触点（3-9）闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合（说明已反转选择完成，此时用来延长转换时间的交流接触器 KM 动作滞后于 KM_2，所以在 KM_2 先闭合时是不带负载的，不会出现正反转换相时的弧光相间短路问题），同时 KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合，再接通延长转换时间用交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点紧跟着也闭合，给电动机提供三相交流 380V 电源，这时电动机绕组得电反转运转。

注意，当电动机处于反转运转后，需进行正转起动时，与反转起动操作相同。

电路 56　防止相间短路的正反转控制电路（二）

防止相间短路的正反转控制电路（二）如图 2-34 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条

件。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（13-15）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电路，起到互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。同时，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 分别串联在正转起动回路或反转起动回路中的两组常闭触点（5-7、11-13）断开，将限制正转起动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_3 的起动操作，但不影响电路的停止工作。

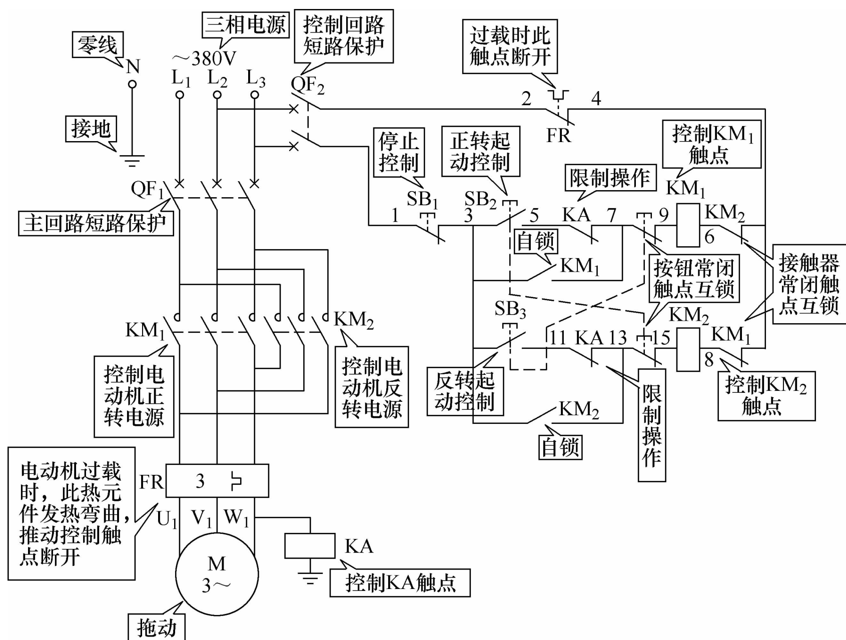


图 2-34　防止相间短路的正反转控制电路（二）

2. 反接起动

当电动机处于正转运转后，欲反转操作，则按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（7-9）断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，那么正转交流接触器 KM_1 线圈必须先断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转的同时，中间继电器 KA 线圈也随之断电释放，KA 的两组常闭触点（5-7、11-13）也恢复原始常闭状态，为反转提供通路，这样，经过中间继电器 KA 的转换，避免了交流接触器在正反转转换时很可能因电动机起动电流过大引起的弧光短路。当 KA 常闭触点（5-7、11-13）恢复常闭状态后，SB_3 的另一组常开触

点（3-11）（早已闭合等待与 KA 常闭触点（11-13）一起接通反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源）接通反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

3. 停止操作

无论电动机处于正转运转还是反转运转，欲停止操作，可按下停止按钮 SB_1（1-3），则正转交流接触器 KM_1 或反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_1 或 KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 57　可逆点动与起动混合控制电路

可逆点动与起动混合控制电路如图 2-35 所示。

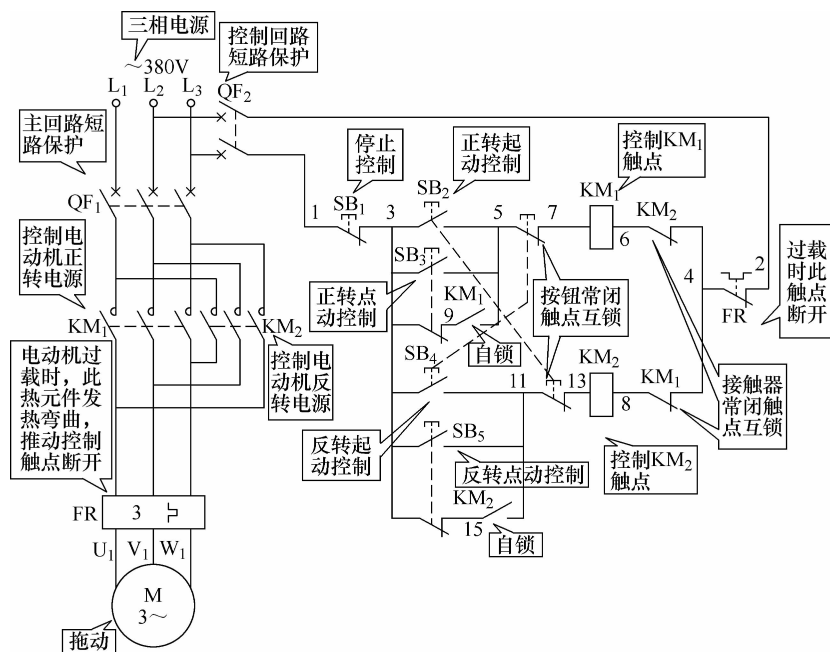


图 2-35　可逆点动与起动混合控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（11-13）断开，起互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-9）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转连续运

转。

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转。

3. 正转点动

按下正转点动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-9）断开，切断交流接触器 KM_1 的自锁回路，使其不能自锁，同时 SB_3 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转；松开正转点动按钮 SB_3，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转，从而完成正转点动工作。

4. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常闭触点（5-7）断开，起互锁作用；SB_4 的另一组常开触点（3-11）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（11-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转连续运转。

5. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转。

6. 反转点动

按下反转点动按钮 SB_5，SB_5 的一组常闭触点（3-15）断开，切断交流接触器 KM_2 的自锁回路，使其不能自锁。同时 SB_5 的另一组常开触点（3-11）闭合，接通反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。松开反转点动按钮 SB_5，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转，从而完成反转点动工作。

电路 58　有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路

有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路如图 2-36 所示。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作做准备。

1. 正转点动

按下正转点动按钮 SB_1 不松手，SB_1 的一组串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点（7-9）断开，起到按钮常闭触点互锁保护作用，SB_1 的另一组常开触点（1-3）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动设备正转工作；与此同时，KM_1 串联在反转

交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-8）断开，起到接触器常闭触点互锁保护作用。松开正转点动按钮 SB_1，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转失电停止运转，拖动设备正转停止工作，从而完成正转点动操作。

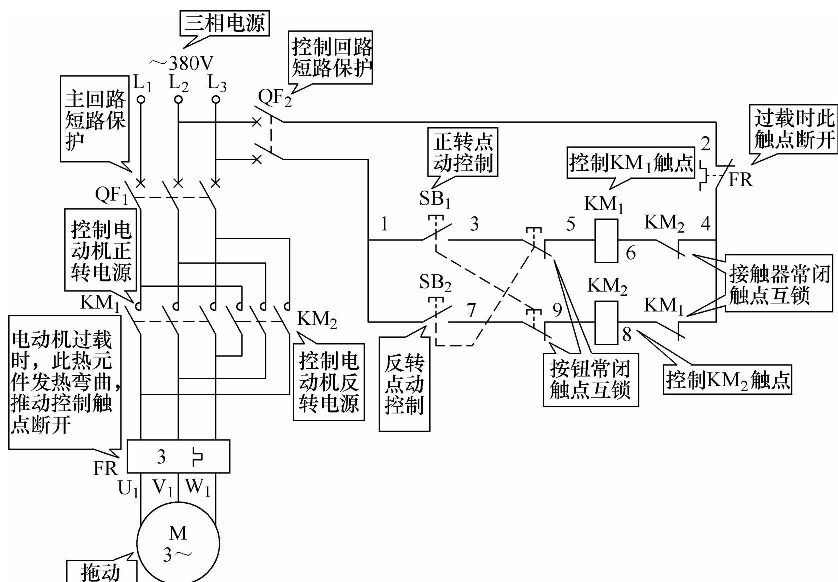


图 2-36　有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路

2. 反转点动

按下反转点动按钮 SB_2 不松手，SB_2 的一组串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点（3-5）断开，起到按钮常闭触点互锁保护作用，SB_2 的另外一组常开触点（1-7）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动设备反转工作；与此同时，KM_2 串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（4-6）断开，起到接触器常闭触点互锁保护作用。松开反转点动按钮 SB_2，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转失电停止运转，拖动设备反转停止工作，从而完成反转点动操作。

电路 59　低速脉动控制电路

低速脉动控制电路如图 2-37 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

需低速脉动控制时，按住脉动控制按钮 SB（1-3），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；当电动机的转速超过 120r/min 时，速度继电器 KS 常闭触点（3-5）就会断开，切断 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；当电动机的转速低于 100r/min 时，速度继电器 KS 常闭触点（3-5）又恢复常闭状态，又接通了 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点又闭合，电动机又得电起动运转了；当电动机的转速超过 120r/min 时，速度继电器 KS 常闭触点（3-5）又断开，切断了 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。如此这般循环，低速脉动运转。

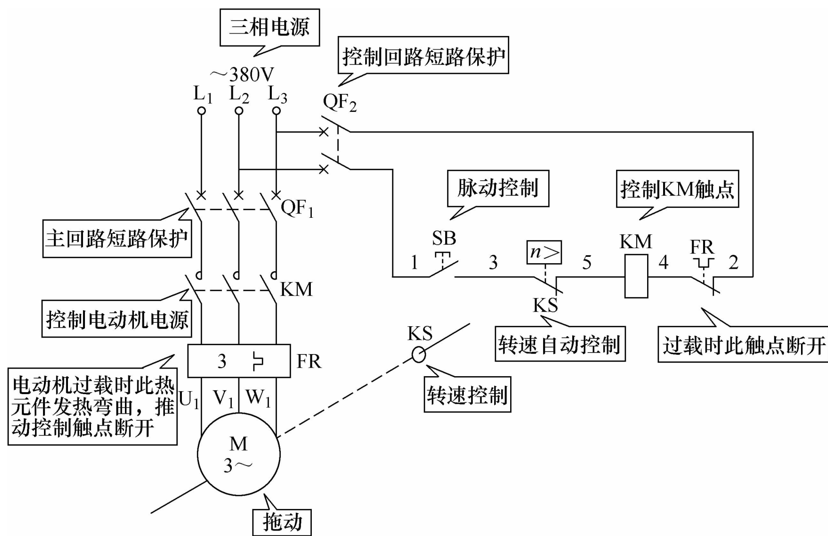


图 2-37　低速脉动控制电路

电路 60　多地起动、停止控制电路

本电路为五地起动、五地停止控制电路，用于五个地方对一台电动机进行起动、停止控制，如图 2-38 所示。

起动时，任意一地按下起动按钮 SB_6 或 SB_7 或 SB_8 或 SB_9 或 SB_{10}（11-13），接通交流接触器 KM 线圈回路电源，使 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

停止时，任意一地按下停止按钮 SB_1（1-3）或 SB_2（3-5）或 SB_3（5-7）或 SB_4（7-9）或 SB_5（9-11），切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，并解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

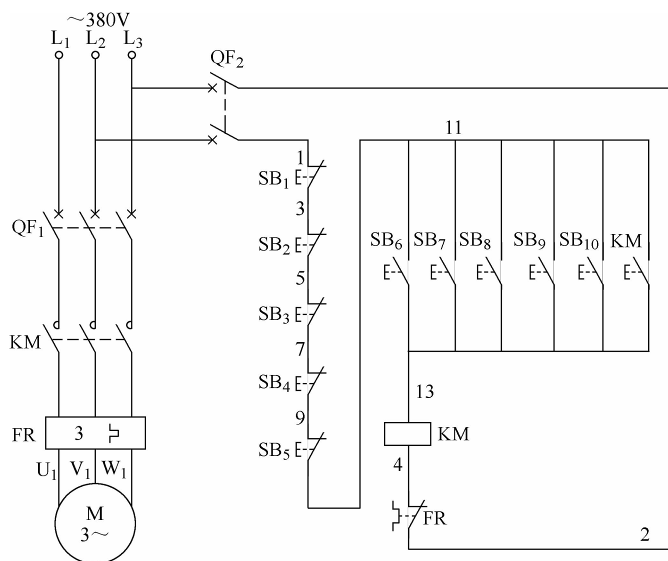


图 2-38　多地起动、停止控制电路

电路 61　起动、停止控制电路（一）

这是一款应用非常广泛的标准起动、停止控制电路，如图 2-39 所示。电路中 SB_1 为停止按钮，SB_2 为起动按钮。

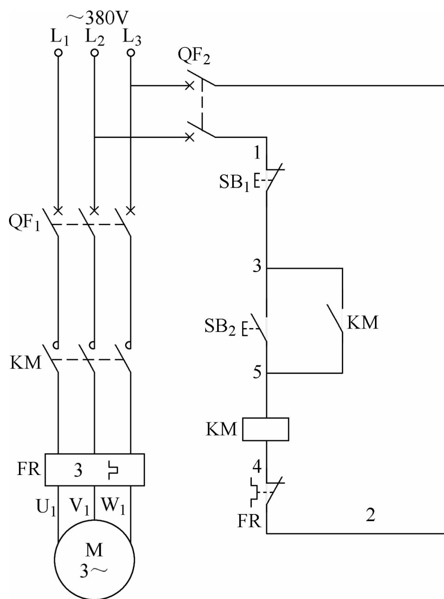


图 2-39　起动、停止控制电路（一）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机绕组得以三相交流 380V 电源而起动运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），其常闭触点断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 辅助常开触点（3-5）断开，解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 62　起动、停止控制电路（二）

本电路具有以下特点：同时按下按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5），实现起动操作；任意按下按钮 SB_1（1-3）或 SB_2（3-5）实现停止操作，如图 2-40 所示。

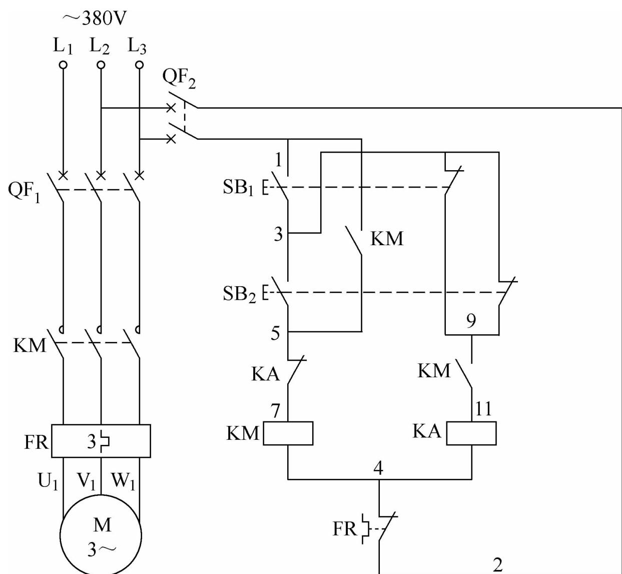


图 2-40　起动、停止控制电路（二）

起动时，同时按下按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈（1-5）得电吸合且自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

停止时，任意按下按钮 SB_1 或 SB_2，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（5-7）断开，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 63　接触器常闭触点互锁的可逆点动控制电路

本例为接触器常闭触点互锁的可逆点动控制电路，如图 2-41 所示。

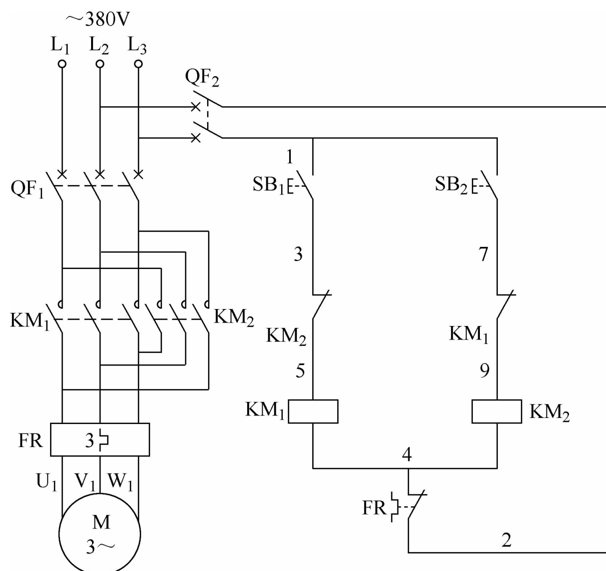


图 2-41　接触器常闭触点互锁的可逆点动控制电路

通过按钮 SB_1（1-3）来对交流接触器 KM_1 线圈进行正转点动操作，从而对电动机进行正转点动控制；通过按钮 SB_2（1-7）来对交流接触器 KM_2 线圈进行反转点动操作，从而对电动机进行反转点动控制。

电路中正转交流接触器 KM_1 的一组辅助常闭触点（7-9）串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中，而反转交流接触器 KM_2 的一组辅助常闭触点（3-5）串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中，这样，完成正反转互锁保护。

电路 64　接触器常闭触点互锁的正反转起动、停止控制电路

本例为接触器常闭触点互锁的正反转起动、停止控制电路，具有互锁功能，以保证互锁保护安全可靠，其缺点是无论正转或反转运转后，若需改变相反转向控制，则必须先按下停止按钮 SB_1 后方可再进行相反转向操作，如图 2-42 所示。

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2（3-5），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁；KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3（3-9），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁；KM_2 辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁作用；KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

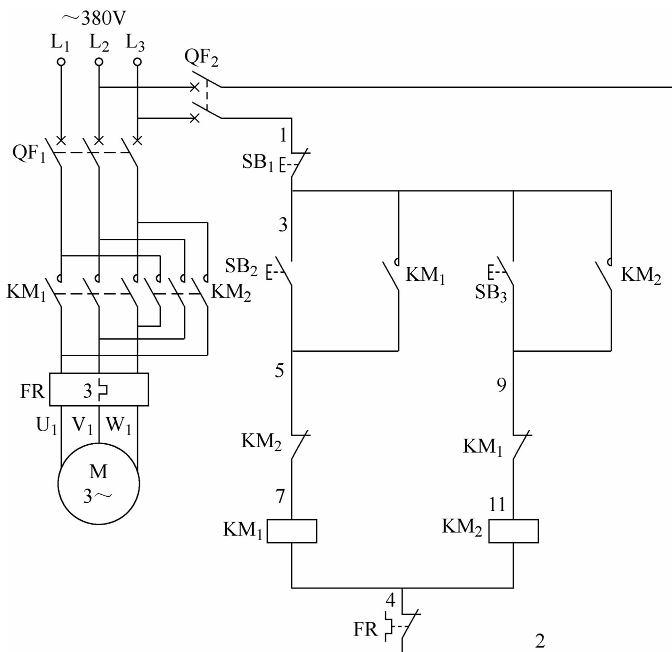


图 2-42　接触器常闭触点互锁的正反转起动、停止控制电路

电路 65　采用安全电压控制电动机起停电路

潮湿工作环境无处不在，如毛纺厂、水产加工车间，以及带有蒸汽的热力站，还有乡镇小厂的小作坊。若采用 220V 或 380V 电压操作电气设备在安全上存在很大隐患，一旦出现漏电后果不堪设想。为解决潮湿环境中电气操作方面存在的安全问题，常常采用安全低电压（36V 以下）来控制电动机的起动或停止，它不仅深受使用者的欢迎，而且还能保证使用者的人身安全。

图 2-43 所示电路是采用减压变压器 T 将 220V 电压降为 36V 安全电压进行低压操作控制。这样，起动时，按下起动按钮 SB_2，36V 交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机得电正常运转，欲停止时，则按下停止按钮 SB_1 即可。

图 2-32 中，EL 为工作灯，灯泡电压为 36V，通过转换开关 SA 控制。

电路 66　两台电动机联锁控制电路（一）

有时，一种设备上装有多台电动机来完成一项生产任务，因为电动机各自所起的作用不同，必须按预先设定的动作顺序要求来完成起动或停止，才能确保工作正常进行。例如，纺织机械细纱机，要求起动时先起动吸风机后再起动主机工作，这就要求在设计电路时，按动作要求来完成。

图 2-44 中，M_1 为吸风电动机，M_2 为主机电动机。

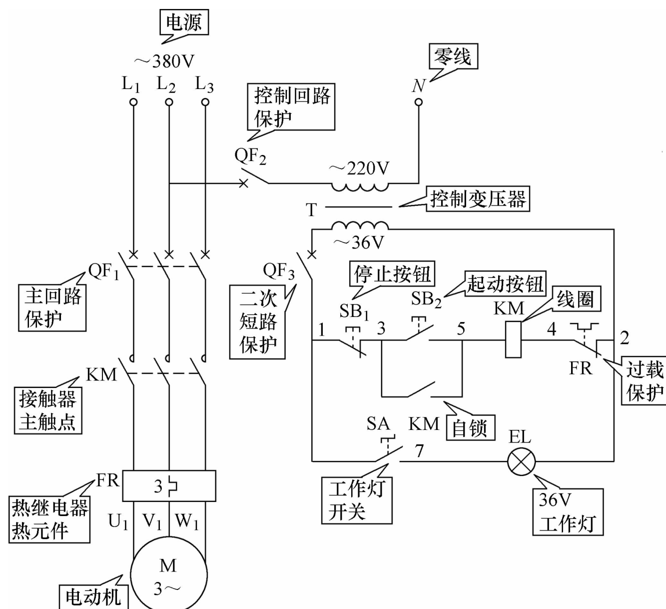


图 2-43　采用安全电压控制电动机起停电路

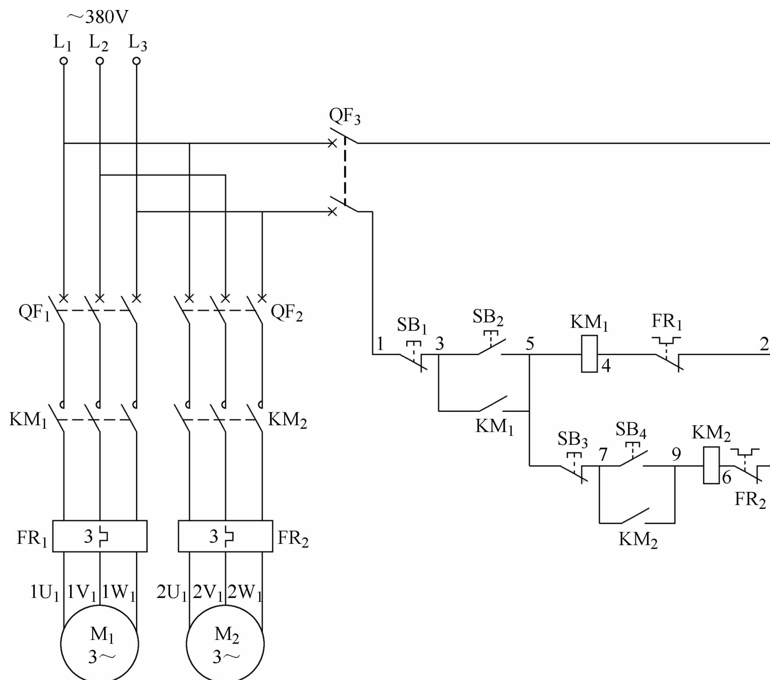


图 2-44　两台电动机联锁控制电路（一）

起动时，必须先按下吸风机起动按钮 SB_2（3-5）（若直接操作 SB_4 则无效），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，因主机控制电路是接在 KM_1 自锁常开触点（3-5）之后，若操作 KM_2 则必须在 KM_1 辅助常开触点（3-5）自锁后方可进行。也就是说，必须按顺序先起动电动机 M_1。此时，可进行主机控制操作，按下主机起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，其三相主触点闭合，主机电动机 M_2 得电运转工作。

停止时有两种方式：一种是先停止主机 M_2 后，再停止吸风电动机 M_1，也就是说，必须先按下 SB_3（5-7）主机电动机停止按钮后，再按下吸风电动机停止按钮 SB_1（1-3），这样，停止时先停止主机电动机 M_2 后再停止吸风电动机 M_1，停止顺序与起动顺序相反；另一种停止方式就是直接按下停止按钮 SB_1（1-3），此时，两台电动机都停止工作。

电路 67　两台电动机联锁控制电路（二）

有的工作设备操作是有顺序要求的，比如起动时，先起动电动机 M_1，再起动电动机 M_2，停止时则无要求。

图 2-45 所示电路为一种两台电动机联锁控制电路。

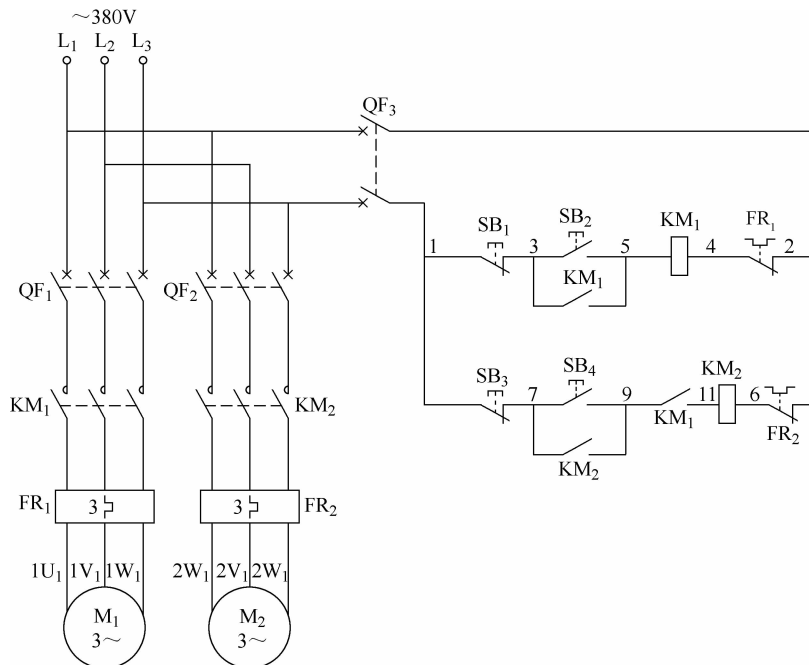


图 2-45　两台电动机联锁控制电路（二）

起动时，必须先按下起动按钮 SB_2（3-5）（若不按下 SB_2 而直接按下 SB_4，则操作无效），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转工作。同时交流接触器 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 工作提供准备条件（实际上就是利用 KM_1 的这个辅助常开触点来完成顺序起动）；再按下起动按钮 SB_4（7-9），此时，交流接触器 KM_2 线圈也得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转工作。

停止时有以下两种方式。

1）按顺序停止：先按下 SB_3（1-7），停止交流接触器 KM_2，使电动机 M_2 先停止；再按下 SB_1（1-3），停止交流接触器 KM_1，从而停止电动机 M_1。

2）同时停止：停止时直接按下 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，各自的三相主触点均断开，两台电动机 M_1、M_2 同时失电停止工作。

电路68 用SAY7-20X/33型复合式转换开关实现电动机正反转连续运转控制

本例采用一只三挡转换开关，其中间为停止位置，一、二挡分别为常开复位方式。将转换开关旋至一挡或二挡后松手，转换开关将自动恢复到中间停止挡位置，如图2-46所示。

1. 正转

将复位转换开关SA旋至一挡后再松手，SA复位，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电而正转起动；串联在反转回路中的 KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-3）断开，停止兼电源指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合，正转运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正转起动运转了。

2. 反转

电动机正转后，若需反转，则必须先按下停止按钮SB（1-3），使正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放后，方可进行反转操作。

将复位转换开关SA旋至二挡（3-9）后再松手，SA复位，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电而反转起动；串联在正转回路中的 KM_2 辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁作用。同时，KM_2 辅助常闭触点（13-15）断开，停止兼电源指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-9）闭合，反转运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已反转起动运转了。

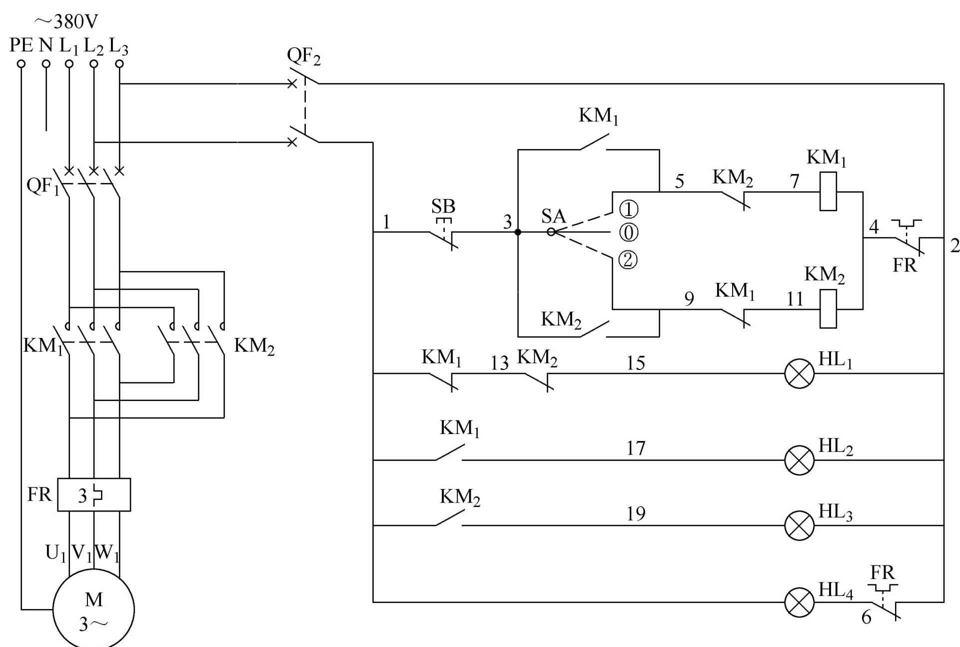


图 2-46　用 SAY7-20X/33 型复合式转换开关实现电动机正反转连续运转控制

第 3 章

电动机减压起动控制电路

电路 69　XJ01 系列自耦减压起动器电路

目前市场成套的自耦减压起动器品种很多，其优点是简单、实用、价格低，深受用户欢迎。

这里介绍 XJ01 系列自耦减压起动器，它适用于电源电压为 380V，容量在 300kW 及其以下的电动机作减压起动用。其控制电路如图 3-1 所示。

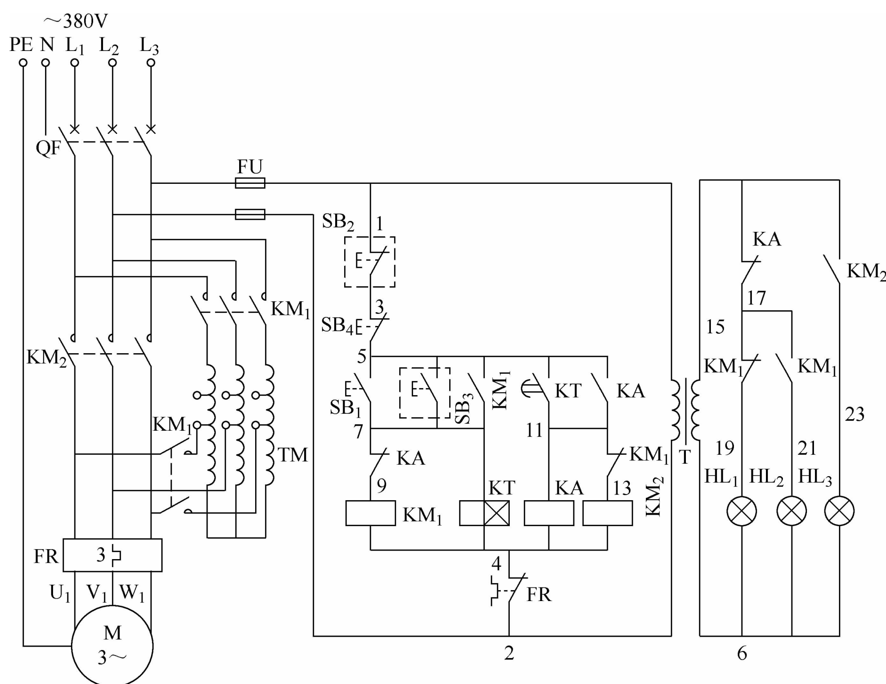


图 3-1　XJ01 系列自耦减压起动器电路

起动前，先将空气断路器 QF 合上，三相电源接通，电源兼作停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常且电动机处于停止运转状态。

按下起动按钮 SB_1（5-7）或 SB_3（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机接入自耦变压器（绕组有多种抽头）进行减压起动，同时得电延时时间继电器 KT 线圈也得电吸合并延时，KM_1 辅助常闭触点（15-19）断开，电源指示灯 HL_1 灭，起动指示灯 HL_2 亮，说明电动机正在进行减压起动；待 KT 延时后（其延时时间为起动时间，通常起动时间可用电动机功率开方后乘以 2 再加 4s 估算），KT 得电延时闭合的常开触点（5-11）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合，其常闭触点（15-17）断开，减压起动指示灯 HL_2 灭，说明减压起动结束；KA 常开触点（5-11）闭合自锁，同时 KA 串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点（7-9）断开，使减压起动交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机减压起动停止，电动机仍靠惯性继续转动；当 KM_1 辅助常闭触点（11-13）恢复常闭后，△运转（或称全压运行）交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机△运转，同时 KM_2 辅助常开触点（15-23）闭合，全压运行指示灯 HL_3 亮，说明整个减压起动过程结束进入全压运行了。

图 3-1 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，HL_2 为电动机降压起动指示灯，HL_3 为电动机全压运转指示灯。

电路中带虚线框的两只按钮 SB_2（1-3）、SB_3（5-7）为两地控制中的外接按钮，就近安装在现场操作较方便的地方即可。本电路实际自耦减压起动器抽头为 60% 挡，读者可根据具体情况而定，若需起动转矩大的控制场合，则可将抽头调换至 80% 挡上。

电路 70　QJ_3 系列手动自耦减压起动器接线方法

QJ_3 系列更手动自耦减压起动器适用于交流电压为 380V，功率在 75kW 以下的三相Y/△系列三相感应电动机中做不频繁的减压起动，是目前最常用的起动装置。

自耦起动器采用抽头式自耦变压器作减压起动元件，并附有热继电器 FR 和失压脱扣器 KV，在电动机过载时或线路电压低于额定电压值时，能起到保护作用，如图 3-2 所示。

自耦减压起动器由下列部分组成：

1）金属外壳。

2）接触系统：接触系统包括一组动触头，两组静触头。当油箱中盛有变压器绝缘油时，所有动、静触头浸没于油中，可防止触头在断开及闭合时产生的电

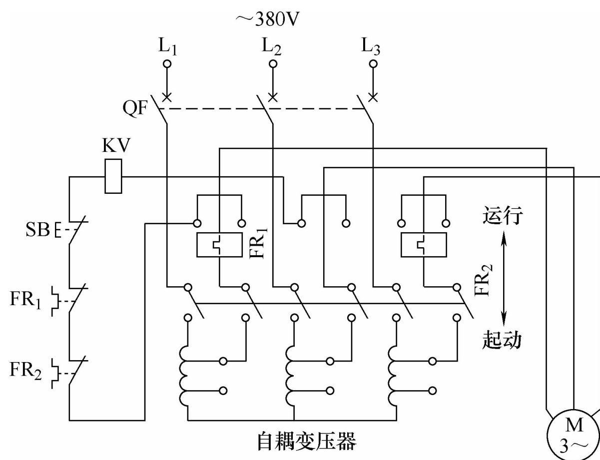


图 3-2　QJ_3 系列手动自耦减压起动器线路

弧烧坏触头。

3）操作机构：操作机构包括主轴、操作手柄及机械联锁装置，能防止误操作后而引起电动机直接起动。

4）三相自耦变压器：三相自耦变压器位于接触系统的上方，备有额定电压 65% 和 80% 的两组抽头。

5）保护装置：保护装置包括两只热继电器 FR_1、FR_2 作为过载保护及一个失压脱扣器 KV 作为失压或欠电压保护。

使用自耦减压起动器应注意以下诸多问题：

1）使用前，起动器油箱内必须灌注变压器绝缘油，加至规定的油面线高度，以保证触头浸没于油中。要经常注意变压器油的清洁，以保持绝缘和灭弧性能良好。

2）起动器的金属外壳必须可靠接地，并经常检查地线，以保证电气操作人员的安全。

3）使用起动器前，应先把失压脱扣器铁心主极面上涂有的凡士林或其他油用棉布擦去，以免造成因油的黏度太大而使脱扣器失灵的事故。

4）使用时，应在操作机构的滑动部分添加润滑油，使操作灵活方便和保护零件不生锈。

5）起动器内的热继电器不能当做短路保护装置用，因此应在起动器进线前端主回路上串装三只熔断器进行短路保护。

6）起动器内的自耦变压器可输出不同的电压，若因在起动时负荷太重造成起动困难，则可将自耦变压器抽头换到输出电压较高的抽头上使用。

7）电动机若要停止运行，则可按动“停止”按钮；若需远距离控制电动机停止，则可在电路控制中串接一个常闭按钮。

8）起动器的功率必须与所控制电动机的功率相吻合，遇到过载使热继电器脱扣后，应先排除故障，再将热继电器手动复位，以备下次起动电动机时使用。有的热继电器调到了自动复位，就不必用手动复位，只需等数分钟后再起动电动机。

9）自耦减压补偿起动器在安装时，如果配用的电动机的电流与补偿器上的热继电器调节的不一致，则可旋动热继电器上的调节旋钮做适当调节。

10）要定期检查触头表面，发现触头烧毛，则应用细锉刀修整平滑。如果触头严重烧损，则应更换同型号的触头。

电路 71　单按钮控制电动机Y-△起动控制电路

图 3-3 所示电路采用一只按钮就可控制电动机Y-△起动停止，即第一次按动按钮 SB 时，电动机Y起动并自动转为△运转；第二次按动按钮 SB 时，电动机停止运转；第三次按动按钮 SB 时，电动机又Y起动并自动转为△运转。

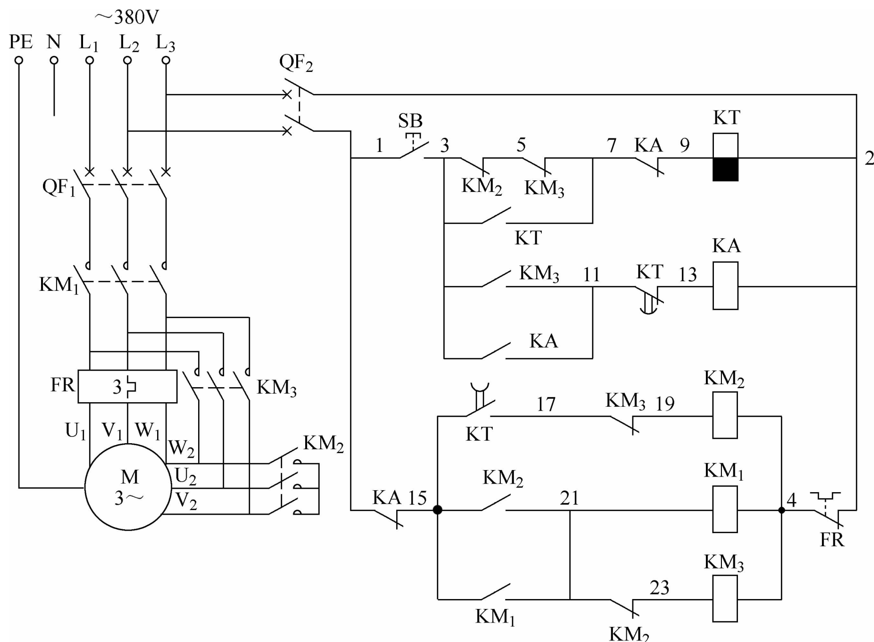


图 3-3　单按钮控制电动机Y-△起动控制电路

将主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2 合上，使电路处于热备机状态。

1. Y-△起动

第一次按下按钮 SB（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，其瞬动常开触点（3-7）闭合自锁，同时 KT 失电延时闭合的常闭触点（11-13）立即断开，切断中间继电器 KA 线圈回路，作为互锁保护，KT 失电延时断开的常开触点（15-17）立即闭合，接通了Y点交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 辅助常开触点（15-21）闭合，使电源交流接触器 KM_1 线圈也得电吸合，且 KM_1 辅助常开触点（15-21）闭合自锁，这样，KM_1、KM_2 三相主触点均闭合，电动机绕组连接为Y起动，KM_2 辅助常闭触点（3-5）断开，为第二次按下按钮 SB 做禁止准备，KM_2 辅助常闭触点（21-23）断开，作为Y-△控制电路互锁；松开按钮 SB（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，经 KT 一段时间延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点（11-13）闭合，为中间继电器 KA 线圈工作做准备，KT 失电延时断开的常开触点（15-17）断开，Y交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，Y点解除；KM_2 辅助常闭触点（21-23）闭合，接通了△交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组连接为△全压运转。同时 KM_3 辅助常开触点（3-11）闭合，为 KA 线圈工作做准备。

至此，第一次按动按钮 SB，电动机Y-△自动起动运转。

2. 停止

需要停止时，则再次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-11）闭合自锁，KA 串联在交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈回路中的常闭触点（1-15）断开，切断了 KM_1、KM_3 线圈电源，KM_1、KM_3 三相主触点断开，电动机断电停止运转。KM_3 辅助常闭触点（5-7）闭合，为第三次按动按钮 SB 再起动电动机做准备。松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常闭触点（7-9）闭合，为 KT 线圈工作做准备。

至此，第二次按动按钮 SB，电动机停止运转。

总之，奇数按动按钮 SB，电动机Y-△自动起动运转；偶数按动按钮 SB，电动机停止运转。

需提醒注意的是：在电动机由Y起动变换到△运转期间，按动 SB 按钮无法进行停止操作。

电路 72　采用三只时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压起动电路

本电路是采用三只时间继电器 KT_1、KT_2、KT_3 来延时依次将转子电路中的三级电阻逐级自动切除。即先接通交流接触器 KM_1，切除第一级电阻 R_3；再接通交流接触器 KM_2，切除第二级电阻 R_2；再接通交流接触器 KM_3，切除第三级

电阻 R_1。其控制电路如图 3-4 所示。

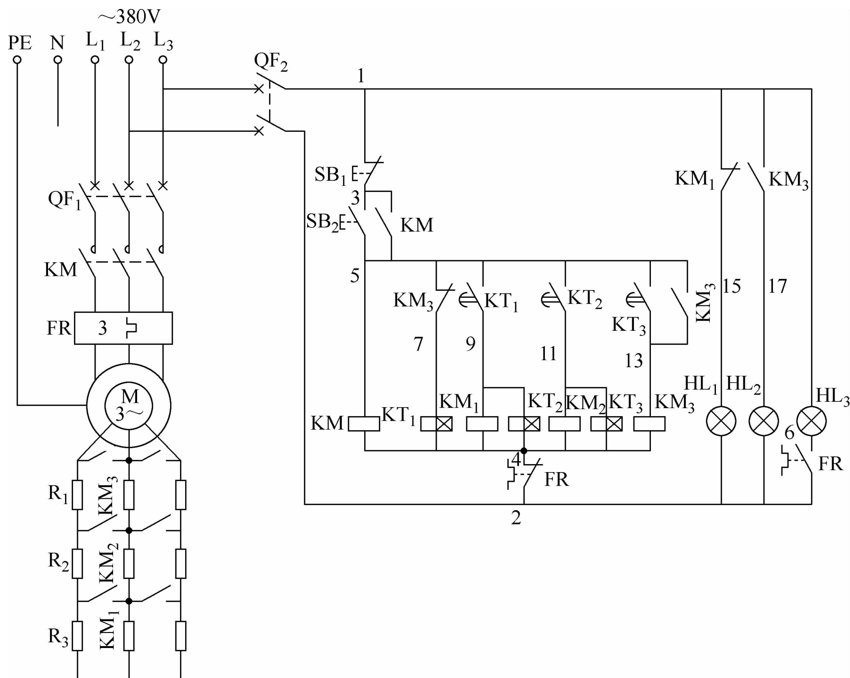


图 3-4　采用三只时间继电器控制绕线转子电动机串电阻减压起动电路

起动前先将主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2 合上，电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

按下起动按钮 SB_2（3-5），定子电源交流接触器 KM 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-5）闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机的转子回路中串入三级电阻 R_1、R_2、R_3 进行起动，同时 KM 辅助常闭触点（1-15）断开，说明电动机已在起动之中。这时，时间继电器 KT_1 线圈也得电吸合，经时间继电器 KT_1 一段延时后，KT_1 延时闭合的常开触点（5-9）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈和时间继电器 KT_2 线圈电源，KM_1、KT_2 线圈同时得电吸合，KM_1 主触点闭合，切除第一级起动电阻 R_3，电动机开始加速起动；同时 KT_2 开始延时，至时间继电器 KT_2 一段延时后，KT_2 延时闭合的常开触点（5-11）闭合，接通了交流接触器 KM_2 和时间继电器 KT_3 线圈电源，KM_2、KT_3 线圈同时得电吸合，KM_2 主触点闭合，切除第二级起动电阻 R_2，电动机加速升级起动；同时 KT_3 开始延时，经时间继电器 KT_3 延时后，KT_3 延时闭合的常开触点（5-13）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（5-13）闭合自锁，KM_3 主触点闭合，切除最后一级起动电阻 R_1，电动机速度提升至额定转速，同

时 KM 辅助常闭触点（5-7）断开，切断了 KT_1、KM_1、KT_2、KM_2、KT_3 线圈电源，使其全部断电释放，KM_3 辅助常开触点（1-17）闭合，接通了指示灯 HL_2 电源，HL_2 点亮，说明电动机已完成起动。至此，整个起动过程结束，电动机进入额定转速工作。

电路 73　手动串联电阻起动控制电路

如图 3-5 所示，串联电阻起动时，按下起动按钮 SB_2，起动交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机串入电阻器 R 进行减压起动。操作者根据实际工作经验总结的起动时间按下运行按钮 SB_3，运行交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合且自锁，从而短接了主回路电阻器 R，电动机得电全压运行工作。

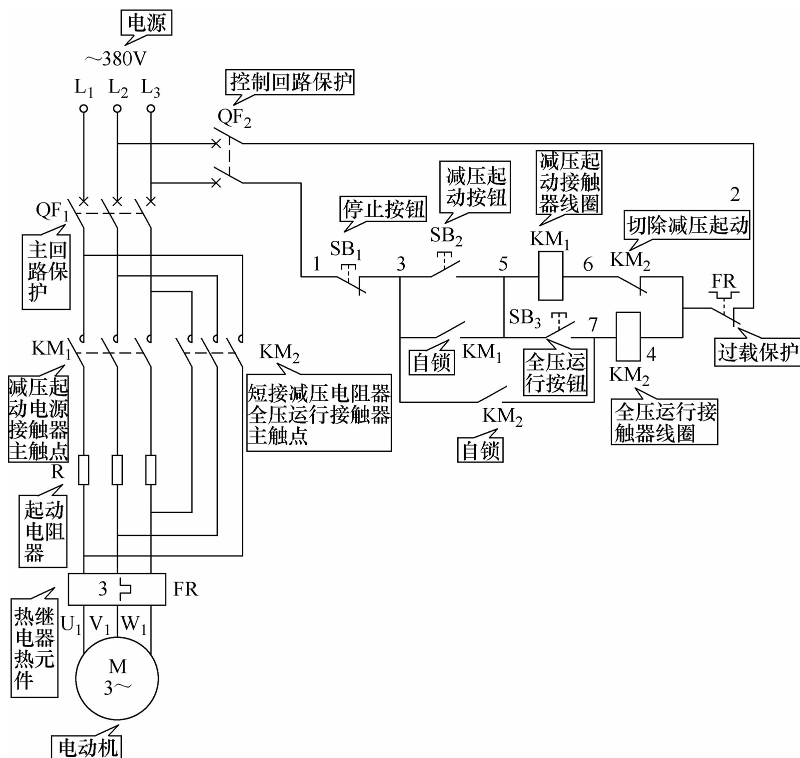


图 3-5　手动串联电阻起动控制电路

该电路不能直接操作全压运行，因为只有在操作完起动按钮 SB_2 后，起动交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，才能给全压运行按钮 SB_3 提供控制电源。否则在不按下 SB_2 之前，直接操作 SB_3 无效。

该电路最大优点是：在运行交流接触器 KM_2 线圈吸合工作后，KM_2 串接在 KM_1 回路中的辅助常闭触点切断了 KM_1 线圈回路电源，以达到控制回路节电的目的，使电路更完善、更合理。

电路 74　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）

定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）如图 3-6 所示。

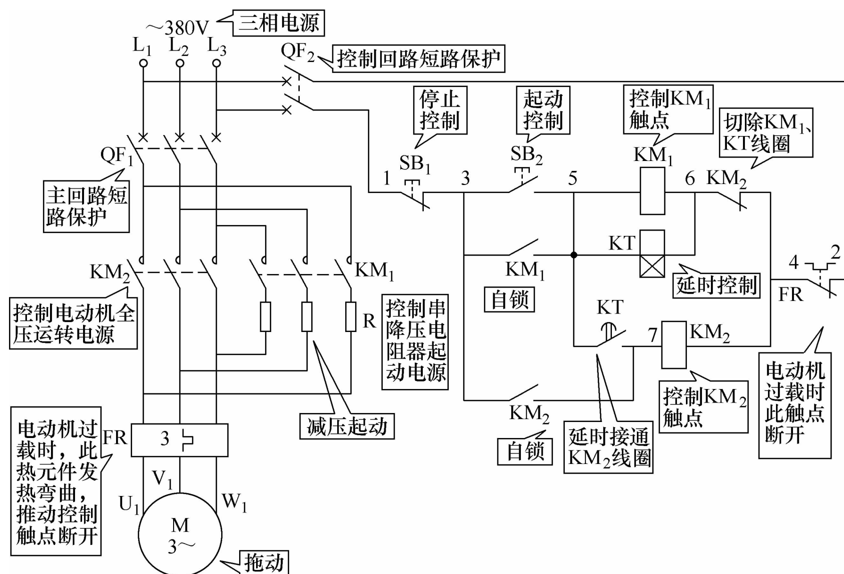


图 3-6　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动操作

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KT 开始延时。此时 KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组串入起动电阻器 R 减压起动；经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，短接起动电阻器 R 全压运转；与此同时，KM_2 串联在 KM_1 和 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（4-6）断开，切断了 KM_1、KT 线圈回路电源，使 KM_1、KT 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，KM_1、KT 退出运行，以节省 KM_1、KT 线圈所消耗的电能。在电动机减压起动运转后只有一只交流接触器 KM_2 在工作。

2. 停止操作

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 75　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二）

定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二）如图 3-7 所示。

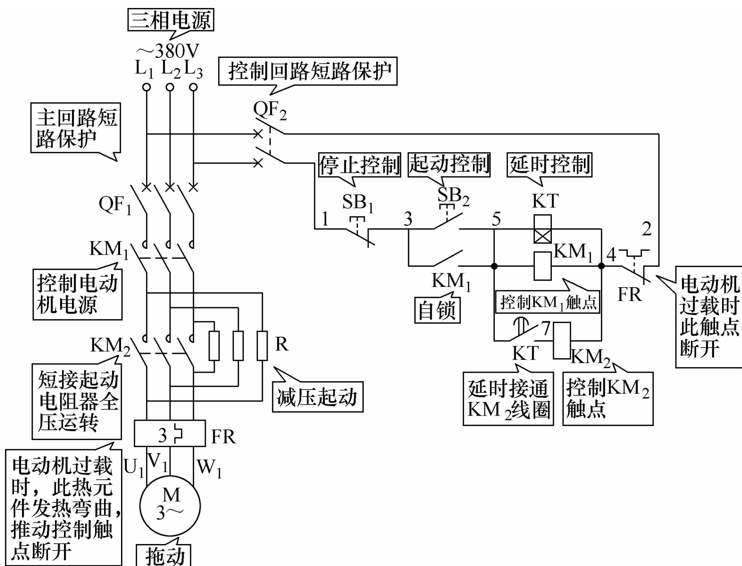


图 3-7　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KT 开始延时。此时 KM_1 三相主触点闭合，电动机串联减压起动电阻器 R 进行减压起动；经 KT 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将减压起动电阻器 R 短接起来，从而使电动机得以全压正常运转，拖动设备正常工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM_1、KM_2 线圈均断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

电路 76　自耦变压器自动控制减压起动电路

自耦变压器自动控制减压起动电路如图 3-8 所示。

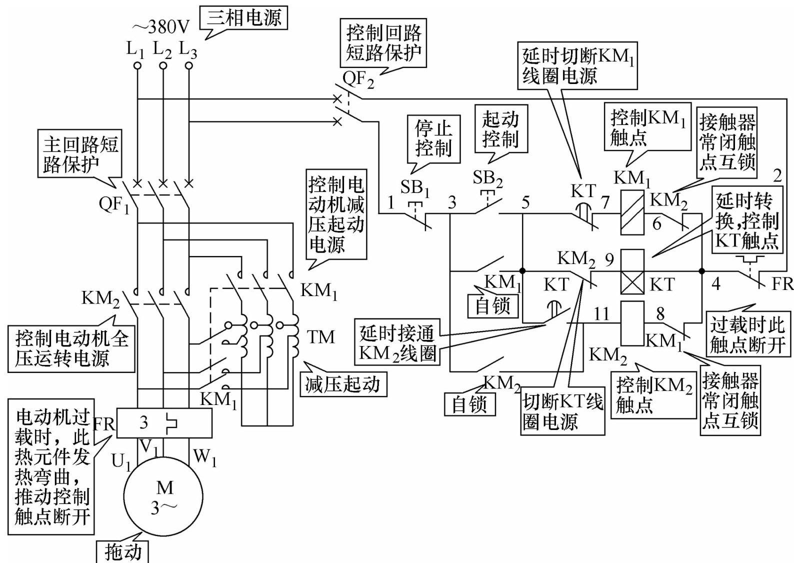


图 3-8　自耦变压器自动控制减压起动电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动操作

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KT 开始延时，与此同时，两只线圈并联在一起的 KM_1 各自的三相主触点闭合，将自耦变压器 TM 接入电动机绕组中，进行自耦减压起动，经 KT 一段延时后（其延时时间可按电动机功率开方后乘以 2 再加 4s 估算），KT 串联在 KM_1 线圈回路中的得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断了 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 主触点断开，使自耦变压器 TM 退出运行；同时，KT 得电延时闭合的常开触点（5-11）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电全压运转。在 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 串联在 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（5-9）断开，使 KT 线圈退出运行。至此，整个减压起动过程结束。

2. 停止操作

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路77　自耦变压器手动控制减压起动电路

自耦变压器手动控制减压起动电路如图3-9所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-9）断开，起互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，由于 KM_2 辅助常开触点（3-15）闭合，接通了中间继电器KA线圈回路电源，KA线圈得电吸合且KA常开触点（3-15）闭合自锁，KA串联在全压运行按钮回路中的常开触点（9-11）闭合，为电动机减压起动操作转为全压运转操作做准备。此时 KM_2 的六只主触点闭合，电动机绕组串入自耦变压器TM进行减压起动；随着电动机转速的不断提高，可按下全压运转按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 主触点断开，切除自耦变压器，减压起动结束；与此同时，SB_3 的另一组常开触点（11-13）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（9-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得以三相380V电源全压运转。

图3-9中KA的作用是防止在未按起动按钮前误按全压运转按钮 SB_3，造成直接起动电动机的问题。

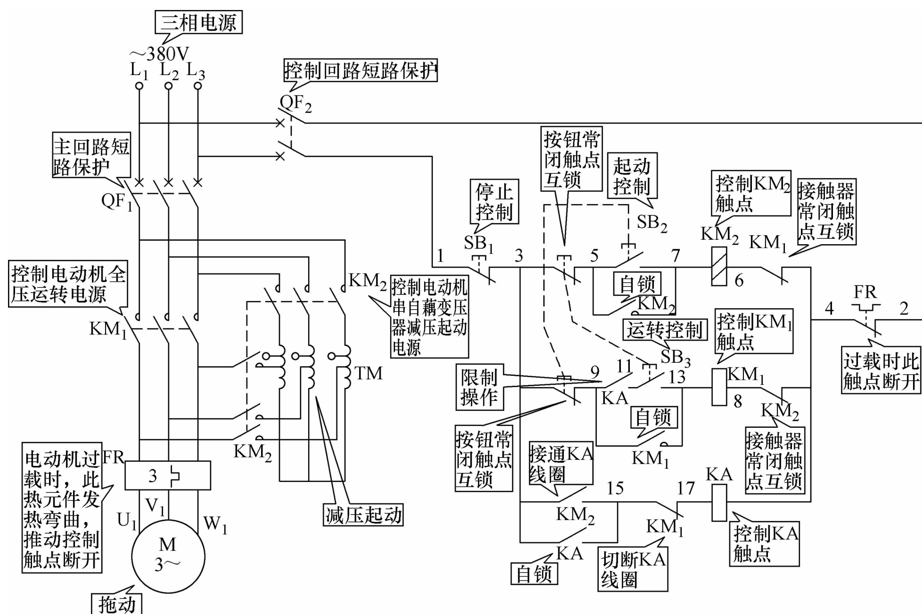


图3-9　自耦变压器手动控制减压起动电路

电路 78　频敏变阻器起动控制电路

频繁变阻器在绕线式电动机中与转子绕组串联来平稳起动电动机，如图 3-10a 所示。它是一种无触点电磁元件，类似一个铁心损耗特别大的三相电抗器。

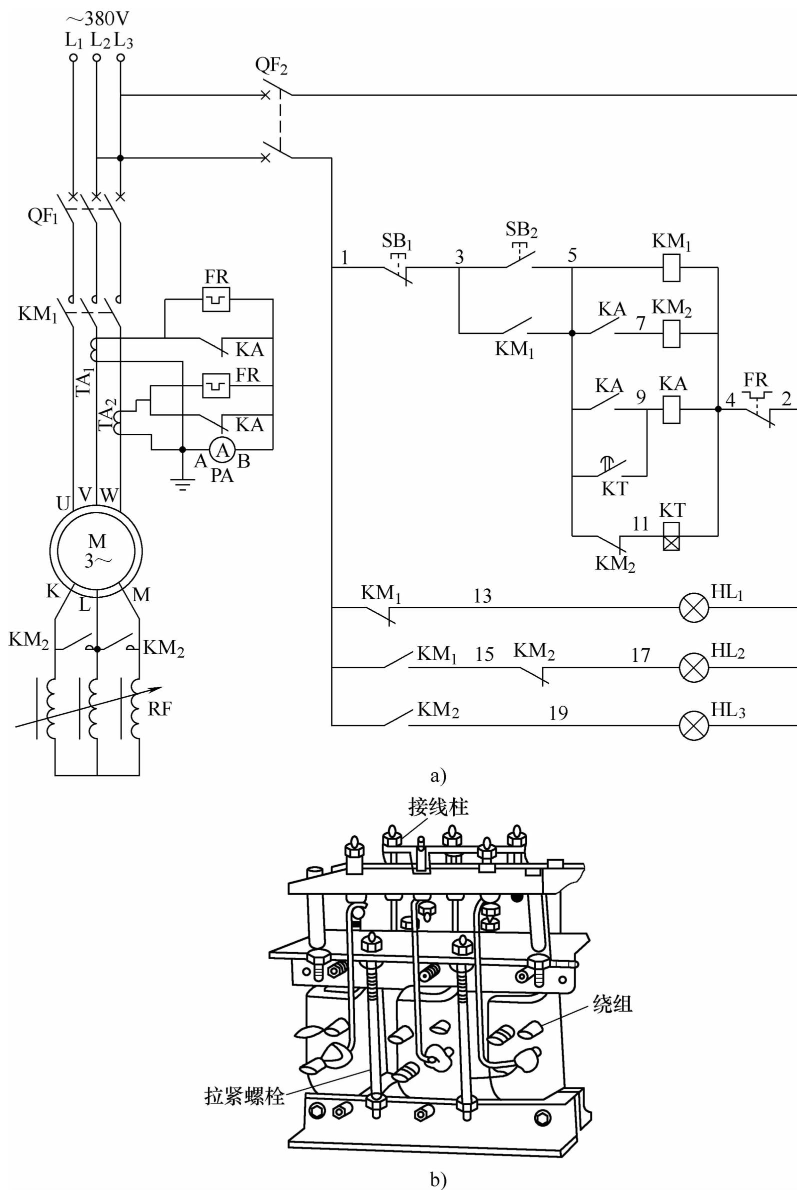


图 3-10　频敏变阻器起动控制电路及外形

a）频敏变阻器起动控制电路　b）频敏变阻器外形

它的特点是阻抗随通过电流频率的变化而改变。由于频敏变阻器是串联在绕线式电动机的转子电路中，所以在起动过程中，变阻器的阻抗将随着转子电流频率的降低而自动减小，电动机平稳地起动起来后，再短接频敏变阻器（见图3-10b），使电动机正常运转。

使用频敏变阻器时应注意以下问题：

1）起动电动机时，起动电流过大或起动太快时，可换接线圈接头，因匝数增多，起动电流和起动转矩便会同时减小。

2）当起动转速过低，切除频敏变阻器冲击电流过大时，则可换接到匝数较少的接线端子上，起动电流和起动转矩就同时增大。

3）频敏变阻器在使用一段时间后，要检查线圈对金属外壳的绝缘情况。

4）如果频敏变阻器线圈损坏，则可用B级电磁线按原线圈匝数和线径重新绕制。

图3-10a是利用频敏变阻器的阻抗随着转子电流频率的变化而变化的特点来实现的。

起动时，按下起动按钮SB_2（3-5），交流接触器KM_1线圈得电吸合，其辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机转子电路串入频敏变阻器RF起动。与此同时，得电延时时间继电器KT线圈也得电吸合且开始延时，当KT达到整定时间后，其得电延时闭合的常开触点（5-9）闭合，中间继电器KA线圈得电吸合，其常开触点（5-7）闭合，接通了交流接触器KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合，KM_2辅助常闭触点（5-11）断开，切断了得电延时时间继电器KT线圈回路电源，KT线圈断电释放而退出运行，同时KM_2三相主触点闭合，将频敏变阻器短接起来，起动过程结束（其延时时间可根据实际情况而定）。

KA的作用是在起动时，利用KA常闭触点将热继电器FR的发热元件短接，以免因起动时间过长造成热继电器FR误动作。起动结束后，KA线圈得电动作，其常闭触点断开，解除对FR热元件的短接，热继电器FR投入运行。

电路79　延边三角形自动起动控制电路

本电路采用延边三角形方式对电动机进行减压起动。图3-11中交流接触器KM_1为电源交流接触器，KM_2为△形运转交流接触器，KM_3为延边三角形起动交流接触器。

起动时，按下起动按钮SB_2（3-5），交流接触器KM_1线圈得电吸合且KM_1辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，接通电动机绕组三相电源；与此同时，交流接触器KM_3和得电延时时间继电器KT线圈得电吸合，KT开始延时，KM_3三相主触点闭合，电动机绕组接成延边三角形联结方式，电动

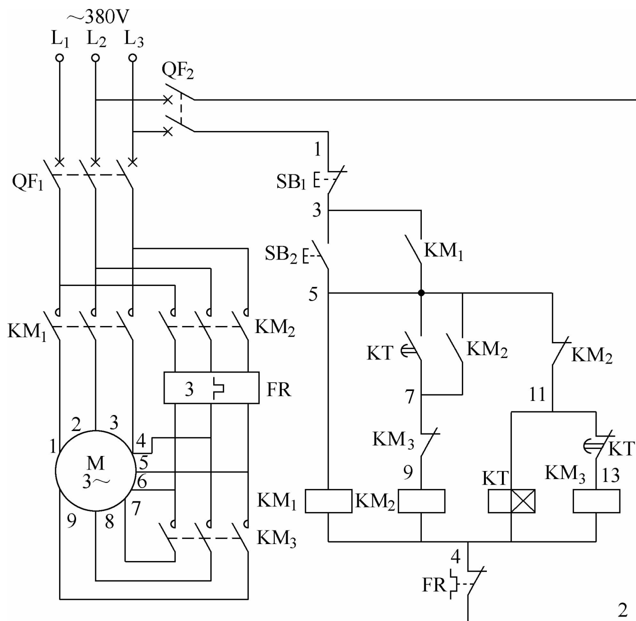


图 3-11　延边三角形自动起动控制电路

机得电进行延边三角形减压起动。

随着电动机转速的不断加快，升至接近电动机额定转速时，也就是 KT 的延时结束时间时，KT 得电延时断开的常闭触点（11-13）断开，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机绕组延边三角形联结解除，电动机失电，但仍靠惯性继续转动；与此同时，KT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组被接成△联结方式，电动机得以全压正常运转。

电路 80　手动Y-△减压起停控制电路

本电路采用三只交流接触器实现Y-△减压起动、停止控制电路。图 3-12 中交流接触器 KM_1 为接通电源用接触器，交流接触器 KM_2 为△运转用接触器，交流接触器 KM_3 为Y起动用接触器。

Y形起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、KM_3 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1、KM_3 各自的三相主触点闭合，电动机绕组被连接成Y，进行Y减压起动。随着电动机转速的升高，升至额定转

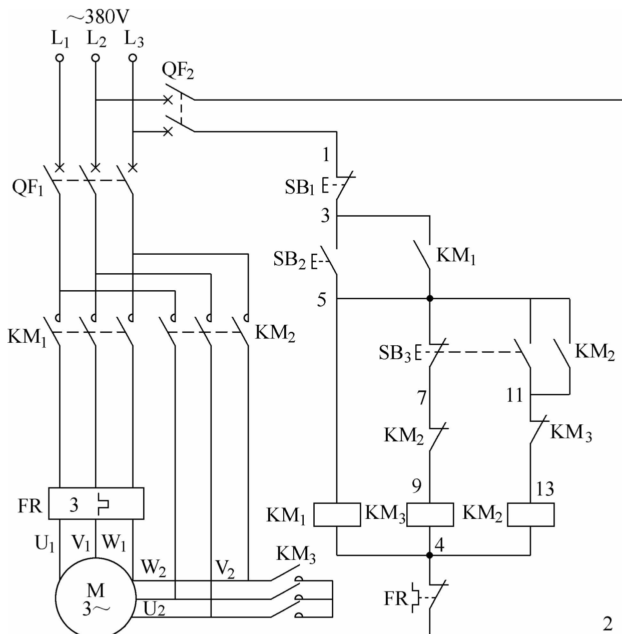


图 3-12　手动Y-△减压起停控制电路

速时，再按下运转按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（5-7）断开，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机绕组Y联结解除，电动机失电但仍靠惯性继续转动；SB_3 的另一组常开触点（5-11）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电动机绕组连接成△，电动机绕组得以全压正常运转。

电路 81　软起动器一拖三主回路连接电路

为节省投资费用，大多采用一台软起动器来逐个起动多台电动机，本例为一拖三主回路连接电路，如图 3-13 所示。

图 3-13 中交流接触器 KM 为软起动电源接触器。电动机 M_1 起动时 KM_1 闭合，待起动完毕后 KM_1 退出，KM_4 闭合旁路正常运转工作；电动机 M_2 起动时 KM_2 闭合，待起动完毕后 KM_2 退出，KM_5 闭合旁路正常运转工作；电动机 M_3 起动时 KM_3 闭合，待起动完毕后 KM_3 退出，KM_6 闭合旁路正常运转工作。停止时可通过控制电路任意停止。

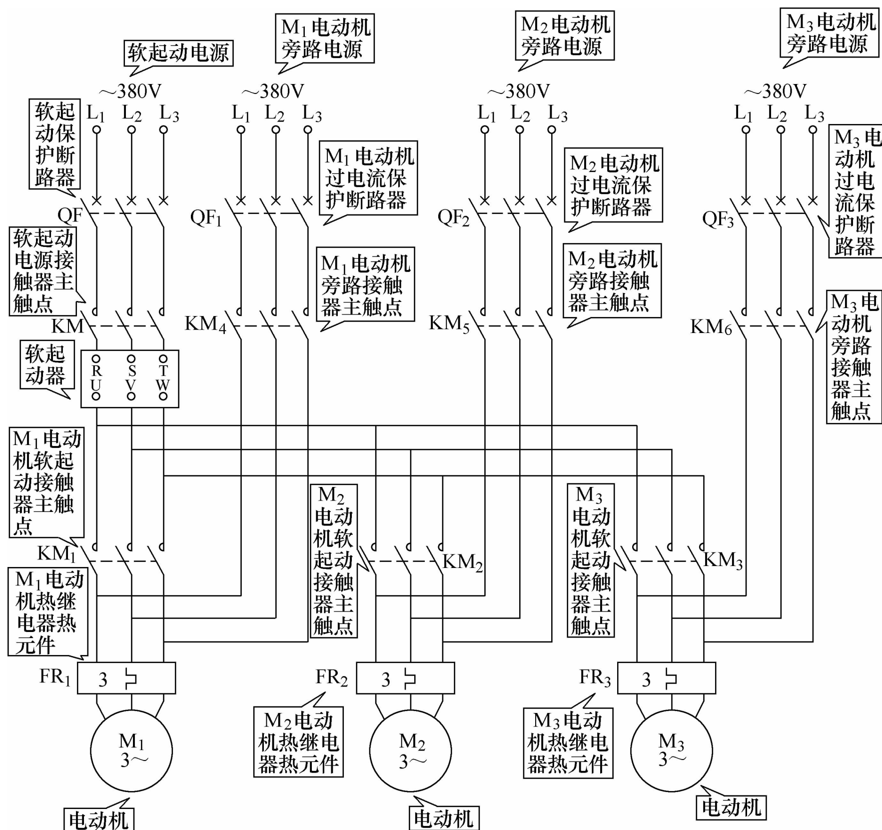


图 3-13　软起动器一拖三主回路连接电路

电路 82　转换可靠的Y-△减压起动控制电路

为了保证Y-△减压起动控制电路的可靠转换，本电路在转换过程中增加了一个中间继电器 KA 作为延长转换时间，以达到转换可靠的目的。

合上断路器 QF_1、QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常且电动机已停止运转。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），电源交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，与此同时，Y起动交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，交流接触器 KM_1、KM_3 三相主触点闭合，电动机接成Y起动；同时得电延时时间继电器 KT 开始延时且 KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_3 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正在进行Y起动。在 KM_3 动作的同时，KM_3 辅助常开触点（11-15）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在 KM_2 线圈回路中的常闭触

点（7-9）断开，为延长转换时间做准备。

经得电延时时间电器 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（11-13）断开，切断了Y交流接触器 KM_3 线圈电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 辅助常开触点（11-15）断开，使中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常闭触点（7-9）恢复常闭状态，同时 KT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，△交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，从而延长了Y-△转换时间，在中间继电器 KA 线圈断电之前，也就是 KA 常闭触点（7-9）恢复常闭状态之前，Y交流接触器 KM_3 早已断电释放，其三相主触点早已断开，这样保证了△的正常转换。此时，△形交流接触器 KM_2 三相主触点闭合，电动机接成△正常运转。在由Y向△转换过程中，相应的指示灯 HL_2、HL_3 工作，指示出其工作状态。

图 3-14 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机Y起动指示灯；HL_3 为电动机△运转指示灯；HL_4 为过载指示灯，当电动机过载动作后此灯被点亮。

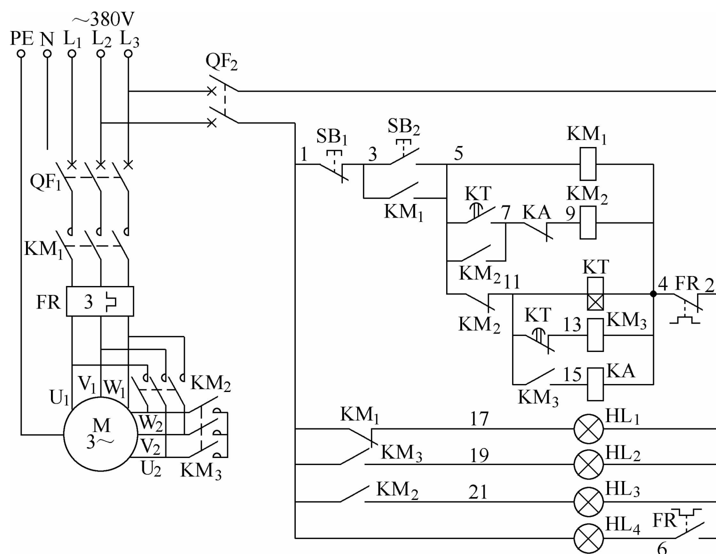


图 3-14　转换可靠的Y-△减压起动控制电路

电路 83　采用电流继电器完成Y-△自动减压起动电路

目前，大部分Y-△减压起动电路，基本上都是通过时间继电器来完成Y-△转换的。它不能随负载变化而自动调整起动转换时间。

本例采用电流继电器替代时间继电器来进行Y-△转换，它会随负载变化在一定范围内自动来调整其Y-△转换时间，如图 3-15 所示。

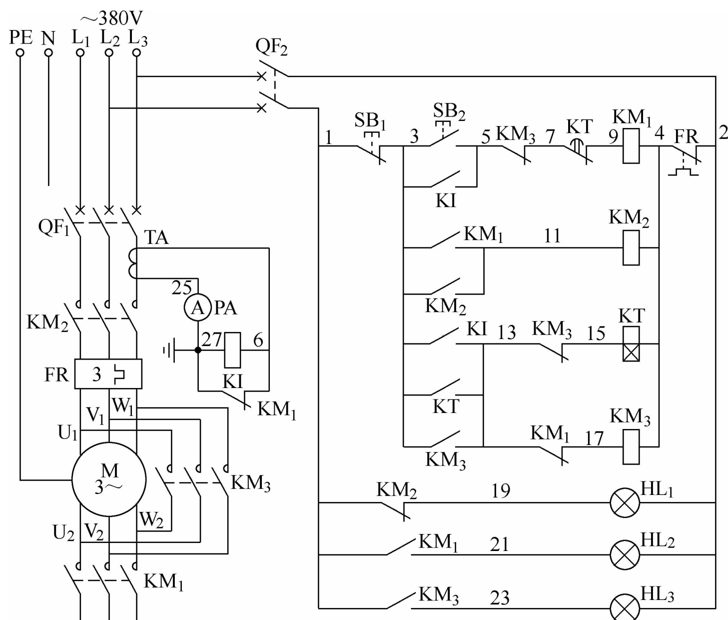


图 3-15　采用电流继电器完成Y-△自动减压起动电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常且电动机已停止运转。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），Y点交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，与此同时，电源交流接触器 KM_2 线圈也得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM_1、KM_2 三相主触点闭合，电动机得电Y起动，由于电动机起动电流较大，使电流继电器 KI 线圈动作，其一对常开触点（3-5）闭合将Y点交流接触器 KM_1 线圈自锁起来。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正在进行Y起动。在电动机得电运转的同时，主回路将有电流通过，使电流互感器 TA 的二次侧感应出电流来，通过电流表 PA 准确地指示出来。

同时电流继电器 KI 的另一对常开触点（3-13）闭合，时间继电器 KT 线圈得电吸合，其不延时常开触点（3-13）闭合自锁，并开始延时，注意，这里的时间继电器 KT 在平时起动时不通过它来进行Y-△转换，而是用它来进行跟踪转换保护。也就是说在起动时，倘若电流继电器 KI 触点损坏不能进行Y-△转换，超出 KT 的延时时间，KT 延时断开的常闭触点（7-9）断开，切断Y点交流接触器 KM_1 线圈电源，从而完成跟踪转换保护。

此时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-13）闭合自锁后，为△运转交流接触器 KM_3 转换做准备。随着电动机起动电流的逐渐减

小，当电流降至额定电流值后，电流继电器 KI 释放，KI 串联在Y点交流接触器 KM_1 线圈回路中的常开触点（3-5）断开，KM_1 线圈断电释放。KM_1 串联在△接交流接触器 KM_3 线圈回路中的常闭触点（13-17）恢复常闭，使 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（3-13）闭合自锁。这样Y点交流接触器 KM_1 三相主触点断开，切除Y起动，△接交流接触器 KM_3 三相主触点闭合，电动机转换为△全压运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_3 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已转换为全压运行了。至此，整个Y-△减压起动过程结束。

为了达到节约用电的目的，控制电路中的时间继电器 KT 线圈在电动机Y-△减压起动后由 KM_3 辅助常闭触点（13-15）将其切断，使其退出运行。

图 3-15 中，HL_1 为电源兼电动机停止指示灯，HL_2 为电动机Y起动指示灯，HL_3 为电动机△正常运转指示灯。

电路 84 绕线式转子电动机满载起动串五级电阻器自动起动控制电路

1. 工作原理

本电路是采用串五级电阻器来自动完成的绕线式转子电动机满载起动控制的。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

起动时，则按下起动按钮 SB_2（3-5），电源交流接触器 KM 和得电延时时间继电器 KT_1 线圈均得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KT_1 开始延时，KM 三相主触点闭合，电动机得电串五级电阻器 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5 进行起动；与此同时，KM 辅助常闭触点（1-27）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已开始进行起动了；经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5-9）闭合，接通了交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源且 KT_2 开始延时，KM_1 三相主触点闭合，将第一级起动电阻器 R_1 短接了起来，电动机开始加速；经 KT_2 一段延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（5-11）闭合，接通了交流接触器 KM_2、得电延时时间继电器 KT_3 线圈回路电源且 KT_3 开始延时，KM_2 三相主触点闭合，将第二级起动电阻器 R_2 短接了起来，电动机继续加速起动；经 KT_3 一段延时后，KT_3 得电延时闭合的常开触点（5-15）闭合，接通了交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT_4 线圈回路电源且 KT_4 开始延时，KM_3 三相主触点闭合，将第三级起动电阻器 R_3 短接了起来，电动机继续加速起动；经 KT_4 一段延时后，KT_4 得电延时闭合的常开触点（5-19）闭合，接通了交流接触器 KM_4、得电延时时间继电器 KT_5 线圈回路电源且 KT_5 开始延时，KM_4 三相主触点闭合，将第四

级起动电阻器 R_4 短接了起来，电动机继续加速起动；经 KT_5 一段延时后，KT_5 得电延时闭合的常开触点（5-23）闭合，KM_5 线圈得电吸合且 KM_5 辅助常开触点（5-25）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，将第五级（也就是最后一级）起动电阻器 R_5 短接了起来，这样，五级起动电阻器 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5 被全部短接了起来，电动机以全压正常运转。与此同时，KM_5 串联在得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，使 KT_1 线圈断电释放，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5-9）瞬时断开，从而使交流接触器 KM_1、KM_2、

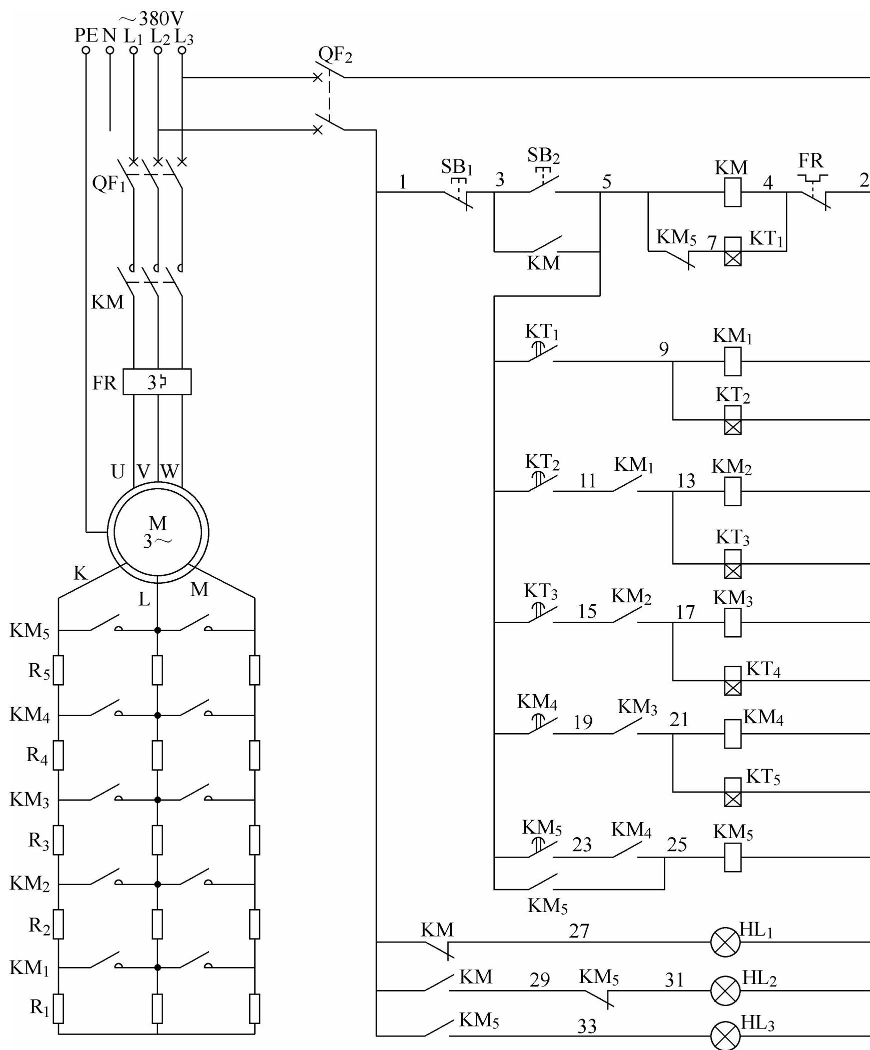


图 3-16 绕线式转子电动机满载起动串五级电阻器自动起动控制电路

KM_3、KM_4 以及得电延时时间继电器 KT_1、KT_2、KT_3、KT_4、KT_5 线圈全部断电释放，以节省线圈所消耗的大量电能；同时 KM_5 辅助常闭触点（29-31）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_5 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明绕线式转子电动机已起动完毕，转为全压正常运转。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 3-16 所示。

电路 85　用 FR-AT 三速设定操作箱控制的变频器调速电路

1. 工作原理

在很多场所，需多段速度控制，用 FR-AT 三速设定操作箱与变频器配合使用效率理想。可以很方便地通过外接三只开关 S_1、S_2、S_3 来进行控制，使电动机通过变频器得出三种不同的转速，以满足不同的生产需求。需注意的是：FR-AT 三速设定操作箱与变频器之间连成②、⑤、⑩，必须用屏蔽线进行连接。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 3-17 所示。

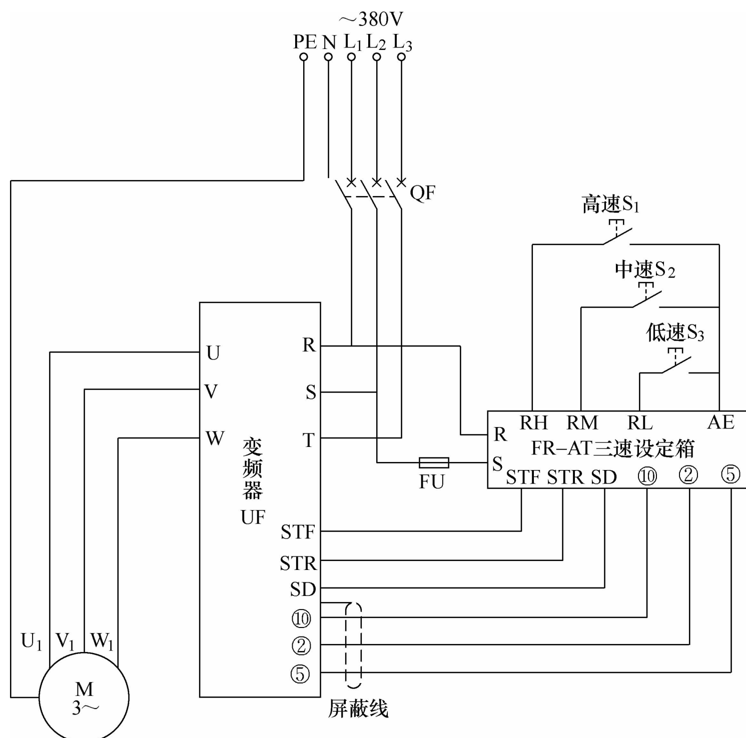


图 3-17　用 FR-AT 三速设定操作箱控制的变频器调速电路

电路 86　用一只按钮控制电路机Y-△起动停止电路

图 3-18 所示电路采用一只按钮就可控制电动机Y-△起动停止。也就是第一次按动按钮 SB 时，电动机Y起动并自动转为△运转；第二次按动按钮 SB 时，电动机停止运转；第三次按动按钮 SB 时，电动机又Y起动并自动转为△运转，重复上述过程。

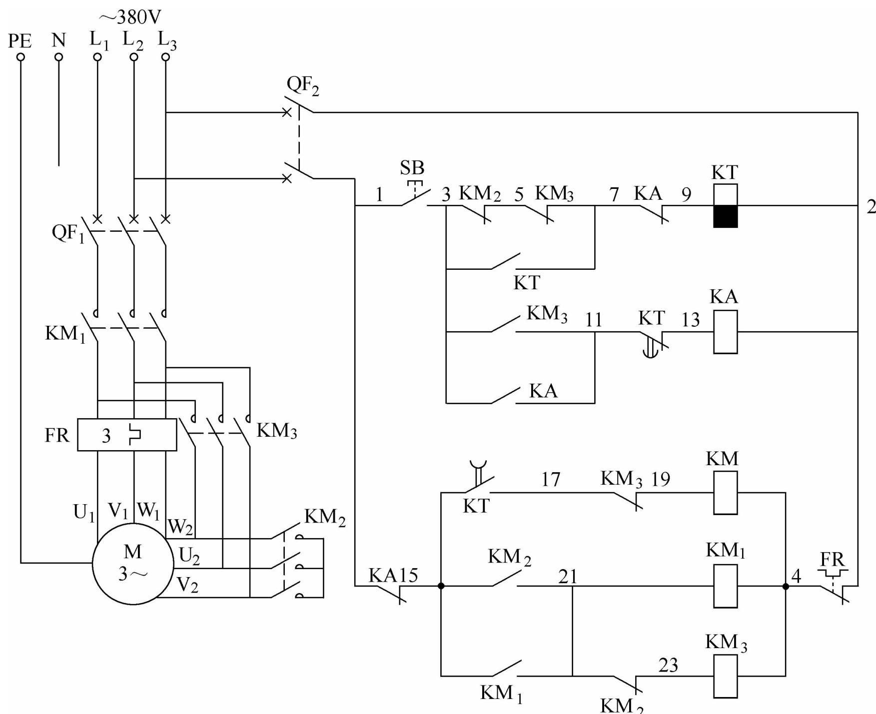


图 3-18　用一只按钮控制电动机Y-△起动停止电路

1. Y-△起动

第一次按下按钮 SB（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，其瞬动常开触点（3-7）闭合自锁，同时 KT 失电延时闭合的常闭触点（11-13）立即断开，切断中间继电器 KA 线圈回路，作为互锁保护，KT 失电延时断开的常开触点（15-17）立即闭合，接通了Y点交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 辅助常开触点（15-21）闭合，使电源交流接触器 KM_1 线圈也得电吸合，且 KM_1 辅助常开触点（15-21）闭合自锁，这样，KM_1、KM_2 三相主触点均闭合，电动机绕组连接为Y起动，KM_2 辅助常闭触点（3-5）断开，为第二次按下按钮 SB 做禁止准备，KM_2 辅助常闭触点（21-23）断开，作为Y-△控制电路互锁；松开按钮

SB（1-3），失电延时时间继电器KT线圈断电释放并开始延时，经一定时间延时后，KT失电延时闭合的常闭触点（11-13）闭合，为中间继电器KA线圈工作做准备，KT失电延时断开的常开触点（15-17）断开，丫交流接触器KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，丫点解除；KM_2辅助常闭触点（21-23）闭合，接通了△交流接触器KM_3线圈回路电源，KM_3三相主触点闭合，电动机绕组连接为△全压运转。同时KM_3辅助常开触点（3-11）闭合，为KA线圈工作做准备。

至此，第一次按动按钮SB，电动机丫-△自动起动运转。

2. 停止

需要停止时，则再次按下按钮SB（1-3），中间继电器KA线圈得电吸合且KA常开触点（3-11）闭合自锁，KA串联在交流接触器KM_1、KM_2、KM_3线圈回路中的常闭触点（1-15）断开，切断了KM_1、KM_3线圈电源，KM_1、KM_3三相主触点断开，电动机失电停止运转。KM_3辅助常闭触点（5-7）闭合，为第三次按动按钮SB再起动电动机做准备。松开按钮SB（1-3），中间继电器KA线圈断电释放，KA常闭触点（7-9）闭合，为KT线圈工作做准备。

至此，第二次按动按钮SB，电动机停止运转。

总之，奇数按动按钮SB，电动机丫-△自动起动运转；偶数按动按钮SB，电动机停止运转。

需提醒注意的是：在电动机由丫起动变换到△运转期间，按动SB按钮无法进行停止操作。

电路87　电动机串电抗器起动自动控制电路

如图3-19所示，合上主回路断路器QF_1、控制回路断路器QF_2，指示灯HL_1亮，说明电源正常。

按下起动按钮SB_2（3-5），交流接触器KM_1、得电延时时间继电器KT线圈得电吸合，KM_1辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM三相主触点闭合，将电抗器L串入电动机绕组进行减压起动；同时KM_1辅助常闭触点（1-11）断开，指示灯HL_1灭，说明电动机正在进行减压起动。与此同时，得电延时时间继电器KT也开始延时。

随着电动机转速的逐渐升高，KT得电延时闭合的常开触点（5-9）闭合，KM_2串联在KM_1、KT线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器KM_1线圈电源，KM_1、KT线圈断电释放，KM_1三相主触点断开电抗器L，电动机绕组断电但仍靠惯性继续转动；同时KM_2辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机通以三相380V电源全压运行，同时KM_2辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯HL_2亮，说明电动机已自动转为全压运转了。该电

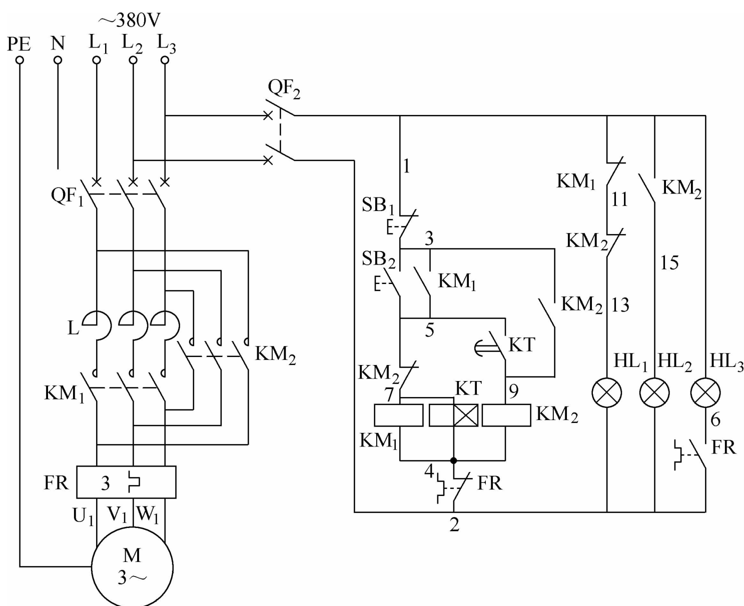


图 3-19　电动机串电抗器起动自动控制电路

路在完成减压起动后，仅有交流接触器 KM_1 线圈吸合，KM_2、KT 线圈被切除，从而节约了 KM_1、KT 线圈所消耗的电能。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而停止，同时指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

电路中 FR 为过载热继电器，当电动机发生过载时，FR 动作，其常闭触点（2-4）断开，切断了控制回路电源，使电动机停止运转。同时 FR 常开触点（2-6）闭合，接通了过载指示灯 HL_3 回路电源，HL_3 亮，说明电动机已过载。

电路 88　电动机串电抗器手动控制电路

为了解决容量较大的电动机起动问题，通常采用的减压起动方式很多，这里介绍采用电抗器来完成减压起动的手动控制方法（见图 3-20）。

起动时，按下手动起动按钮 SB_2（3-5），电源交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组串电抗器 L 起动；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-9）断开，指示灯 HL_1 灭，说明电动机在进行减压起动。待电动机转速逐渐升高后，再按下全压运转按钮 SB_3（5-7），短接电抗器交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电抗器 L 短接了起来，此时电动机得以全压正常

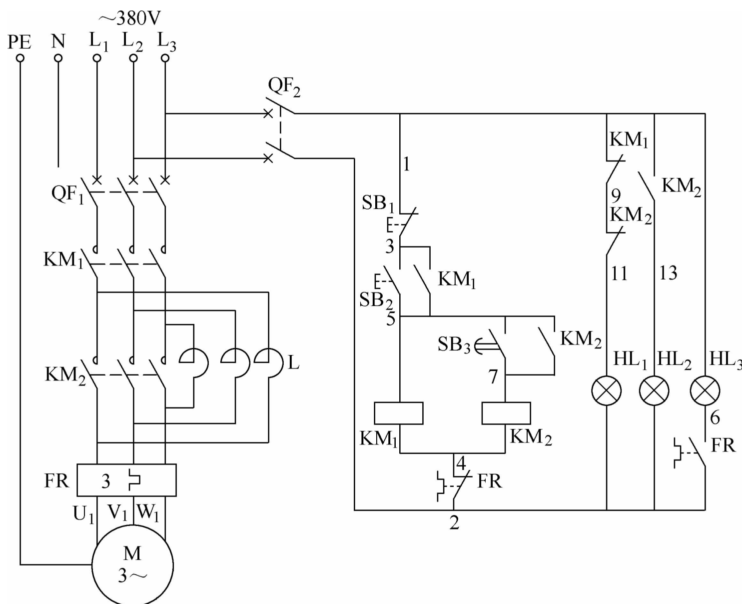


图 3-20　电动机串电抗器手动控制电路

运行，同时，KM_2 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正常全压运转了。从而完成了手动起动过程。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，其各自三相主触点均断开，电动机脱离电源而停止工作，同时指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。

电路 89　采用热继电器控制电动机负载增加Y-△转换电路

有很多设备的拖动电路机在实际使用中，往往不能满负载工作，裕量较大，平时轻载较多，有时负载会有所增大（在实际设计负载内），浪费大量电能。若将此电动机改为轻载时Y联结而在重载时自动转换为△联结，对节约电能将大大有益。

如图 3-21 所示，起动时按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1、KM_2 三相主触点闭合，电动机为Y联结运转。指示灯 HL_1 灭，HL_2 亮，说明电动机Y运转。若电动机不转换为△运转，说明此时负载较轻。

当运行中电动机的负载变化增大时（不是过载），Y-△转换用热继电器 FR_2 的常闭触点（5-7）断开，Y点交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，解除Y点，同时 FR_2 的常开触点（5-11）闭合，接通△交流接触器 KM_3 和

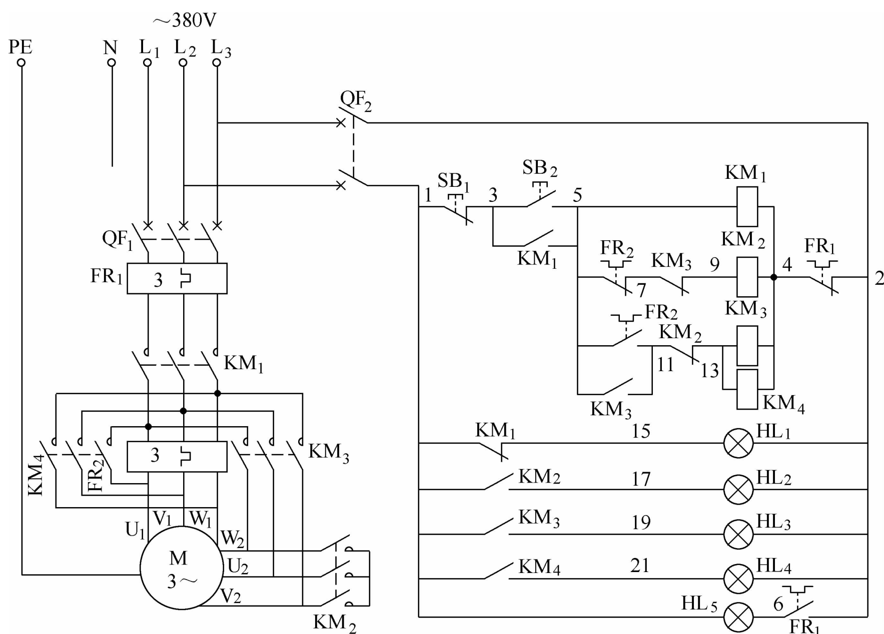


图 3-21　采用热继电器控制电动机负载增加Y-△转换电路

短接负载转换用热继电器 FR_2 热元件的交流接触器 KM_4 线圈吸合，KM_3 辅助常开触点（5-11）闭合自锁；KM_3 三相主触点闭合，电动机转换为△运转；KM_4 三相主触点闭合，将热继电器 FR_2 热元件短接起来，以防止热继电器热元件长期发热弯曲造成损坏。此时指示灯 HL_2 灭，HL_3 亮，说明电动机已△运转，同时 HL_4 亮，说明热继电器 FR_2 热元件已被短接了。

电路中热继电器 FR_1 为过载热继电器，当电动机出现过载时，它出现动作，其常闭触点（2-4）断开，使电动机失电停止运转，同时其常开触点（2-6）闭合，使过载指示灯 HL_5 亮，说明电动机已过载了。热继电器 FR_1 复位方式调至手动方式。电路中热继电器 FR_2 为负载转换用热继电器，其整定电流实际测量的通常负载电流而定；复位方式调至自动方式。

值得注意的是，当电动机负载增大转换为△运转后，即使过一段时间负载又降了下来，虽然热继电器已自动复位，但控制电路因 KM_3 辅助常开触点（5-11）自锁而不会改变，仍以△工作，电动机仍继续△运转。只有在按下停止按钮 SB_1（1-3）后，重新起动 SB_2（3-5），若此时负载很轻，电动机又会Y运转。

电路 90　变频器控制电动机正反转调速电路

很多变频器控制电动机正反转调速电路，通常都利用交流接触器来实现其正

转、反转、停止，以及外接信号的控制，其优点是动作可靠、线路简单、工矿企业电工人员都能掌握。

如图 3-22 所示，若需要正转，则按下正转起动按钮 SB_1（1-3），此时交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KM_1 常开触点（19-21）闭合，将 FR 与 COM 连接起来，变频器正相序工作，控制电动机正转运转；欲需停止，则按下停止按钮 SB_3（1-3），此时，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 常开触点（19-21）断开 FR 与 COM 的连接，使变频器停止工作，电动机失电停止运转。

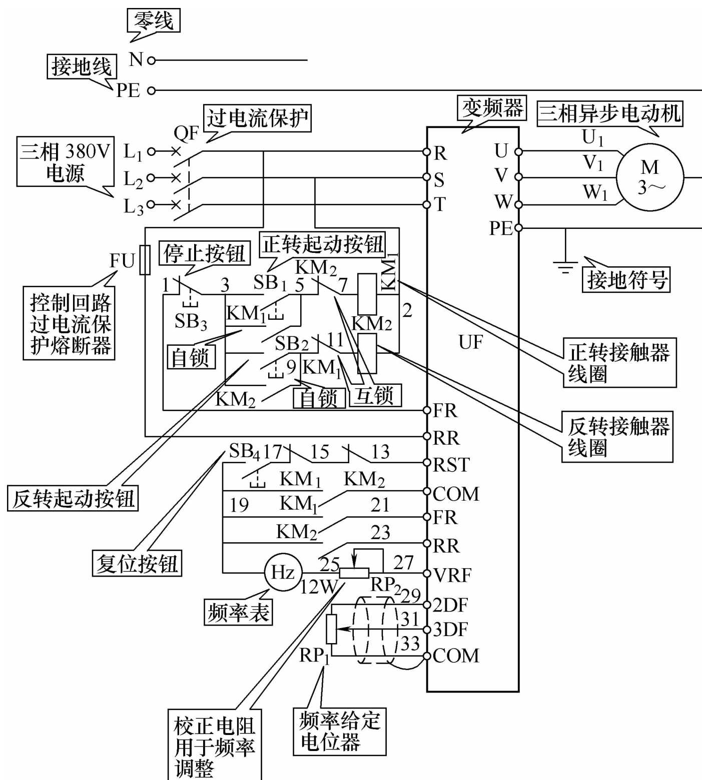


图 3-22　变频器控制电动机正反转调速电路

若需要反转，则按下反转起动按钮 SB_2（3-9），此时交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，同时 KM_2 常开触点（19-23）闭合，将 RR-COM 连接起来，变频器反相序工作，控制电动机反转运转；欲需停止，则按下停止按钮 SB_3（1-3），此时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 常开触点（19-23）断开 RR-COM 的连接，使变频器停止工作，电动机失电停止运转。

因电路中正反转交流接触器线圈回路中各串联了对方接触器的互锁常闭触点，以保证在正反转操作时，不会出现两只交流接触器同时工作的现象出现，起到互锁保护作用。

当需要正常停机或出现事故停机时，复位端子 RST-COM（13-19）断开，变频器发出报警信号。此时按下复位按钮 SB_4（17-19），将 RST 与 COM 端子连接起来，报警即可解除。

图 3-22 中，QF 为保护断路器；FU 为控制回路熔断器；KM_1 为正转控制交流接触器；KM_2 为反转控制交流接触器；SB_1 为停止按钮；SB_2 为正转起动按钮；SB_3 为反转起动按钮；SB_4 为复位按钮；Hz 为频率表；RP_1 为 1kΩ、2W 的线绕式频率给定电位器；RP_2 为 10kΩ、12W 校正电阻用于频率调整。

电路 91　用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻器起动控制电路

本电路采用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻器起动控制电路。起动分三级逐级手动切换，随着转子绕组电阻器的逐级切除，电动机的转速也会随电阻器的切除而逐级加速，最后将全部电阻器切除，电动机进入额定转速状态，整个起动过程结束。

如图 3-23 所示，首先合上主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

第一次按下起动按钮 SB_2（3-5），定子电源交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机的转子回路中串入三级电阻器 R_1、R_2、R_3 进行第一级起动；KM 辅助常闭触点（1-13）断开，KM 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 灭，HL_2 亮，说明电动机已进行起动。

随着电动机的运转，再按下加速起动按钮 SB_3（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，短接电阻器 R_1，使电动机转子电阻减小，电动机加速运转。此时，第一组电阻器 R_1 被 KM_1 三相主触点短接切除掉。

随着电动机运转速度进一步提高，按下加速起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，短接电阻器 R_2，电动机转子电阻减小，电动机进一步加速运转。此时，第二组电阻器 R_2 被 KM_2 三相主触点短接切除掉。

经过切除两级电阻器 R_1、R_2 后，电动机的转速逐渐提高，此时再按下起动按钮 SB_5（9-11），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将最后一级电阻器 R_3 短接了起来，电动机转速升至额定值，电动机按额定转速运转。此时，电阻器 R_1、R_2、R_3 被全部切

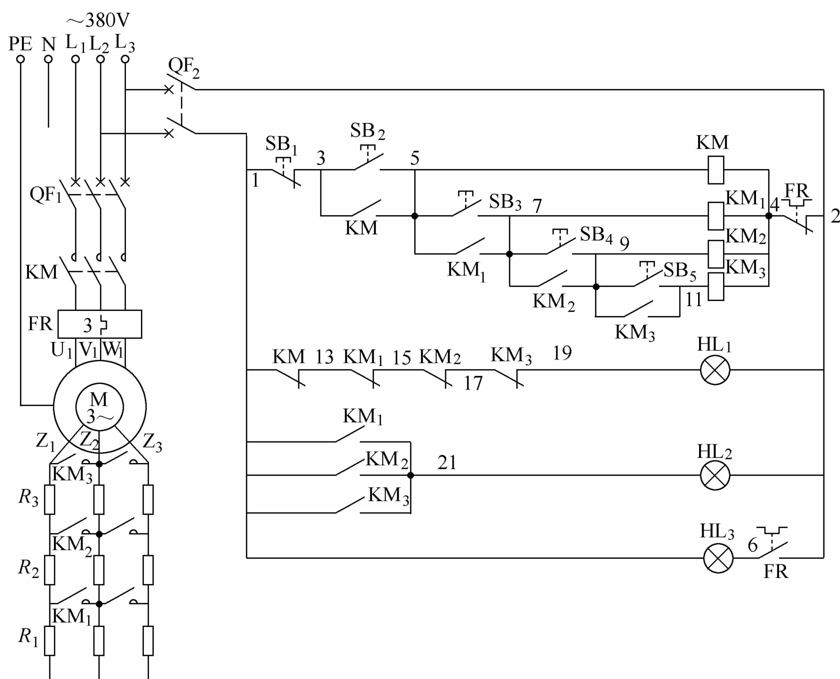


图 3-23　用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻器起动控制电路

除，整个起动过程结束。

停止时则按下停止按钮 SB_1（1-3），切断了交流接触器 KM、KM_1、KM_2、KM_3 线圈回路电源，KM、KM_1、KM_2、KM_3 线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。与此同时，指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明电动机停止运转了。

图 3-23 中，指示灯 HL_3 为电动机过载指示，当电动机出现过载时，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已过载退出运行了。

本电路存在一个最大缺陷，就是当同时按下四只起动按钮 SB_2、SB_3、SB_4、SB_5 时，会造成电动机直接全压起动问题，很不安全。请使用者引起注意，并加以防范，以免误按造成事故发生。

第4章

电动机自动往返控制电路

电路92　功能更加完善的自动往返控制电路

1. 工作原理

本电路为功能更加完善的自动往返控制电路。它具有以下功能：正转点动、反转点动、自动往返、极限终端保护、极限终端保护报警、电源指示、正转运转指示、反转运转指示、电动机过载动作指示。

图4-1中，按钮SB_1为停止按钮，起停止作用；SB_2为电动机自动往返正转操作起动按钮，起自动往返起动作用；SB_3为电动机自动往返反转操作起动按钮，起自动往返起动作用；SB_4为电动机正转点动操作按钮，起正转点动作用；SB_5为电动机反转点动操作按钮，起反转点动作用；行程开关SQ_1为正转停止、反转起动作用；SQ_2为反转停止、正转起动作用；SQ_3为正转极限保护和极限报警作用；SQ_4为反转极限保护和极限报警作用。电铃HA为极限报警作用；指示灯HL_1为电动机停止兼电源指示作用；HL_2为电动机正转运转指示作用；HL_3为电动机反转运转指示作用；HL_4为电动机过载动作指示作用。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图4-1所示。

电路93　往返循环自动回到原位停止控制电路

1. 工作原理

本电路实现从起端到末端再返回到起端的往返循环自动回到原位停止控制电路。无论从哪一端起动，也就是无论正转（工作台左移）还是反转（工作台右移），最终必须一个循环后回位原始自动停止。

合上断路器QF_1、QF_2，电源兼停止指示灯HL_1亮，说明电源正常。

（1）工作台左移再返回到位自动停止控制

按下工作台左移起动按钮SB_2，SB_2的一组常开点（5-11）闭合，接通了失电延时时间继电器KT_1线圈回路电源，KT_1线圈得电吸合且KT_1不延时瞬动常开

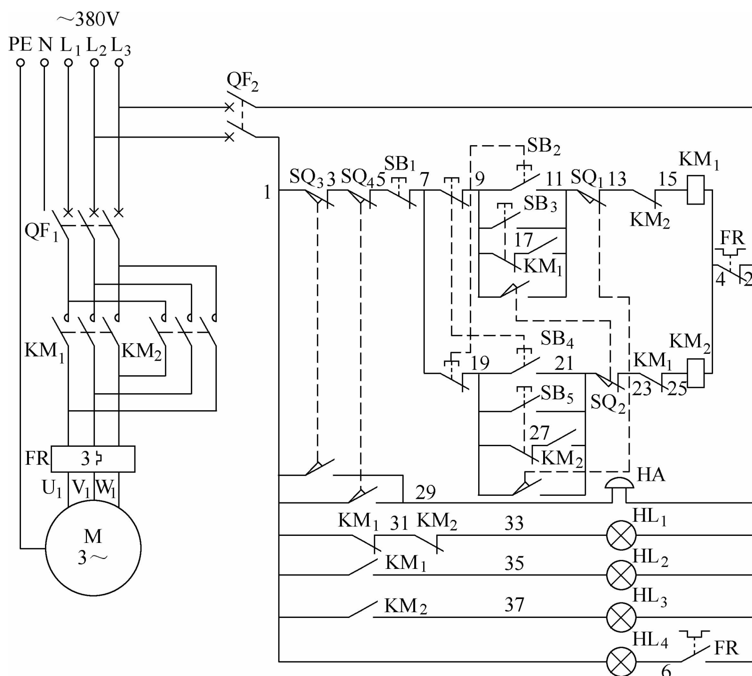


图 4-1　功能更加完善的自动往返控制电路

触点（5-11）闭合自锁，同时 KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）立即闭合，为限制继续往返循环做准备；在按下 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动工作台向左移动；与此同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（19-21）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转运转了，也就是说工作台向左进行移动。

当工作台缓慢向左移动到位时，行程开关 SQ_1 被撞块触动压合，此时 SQ_1 的一组常闭触点（3-5）断开，切断了交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈电源，KM_1、KT_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转失电停止运转；与此同时，KT_1 开始延时（设定延时时间为 3s）。在 KM_1 线圈断电释放

时，指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明电动机停止运转了。在行程开关 SQ_1 被撞块触动压合的同时，SQ_1 的另一组常开触点（17-27）闭合，与正在延时还未断开的 KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）形成闭合回路，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动工作台向右移动，与此同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（7-9）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_2 线圈吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（29-31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电反转运转了，也就是说工作台向右开始返回了。

经 KT_1 延时后（仅 3s 左右），KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）断开，保证工作台回到原位后不再进行循环控制做先前准备。也就是说，在 SQ_1 被触动后 3s 内 KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）就必须先断开。

当工作台缓慢返回到位时，行程开关 SQ_2 被撞块触动压合，此时 SQ_2 的一组常闭触点（3-17）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而使工作台停止移动。在行程开关 SQ_2 被撞块触动压合的同时，SQ_2 的另一组常开触点（5-15）闭合，为下次循环做准备。在 KM_2 线圈断电释放的同时，指示灯 HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机停止运转了。

至此，工作台左移再返回到位自动停止控制结束。

（2）工作台右移再返回到位自动停止控制

按下工作台右移起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（17-23）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（17-23）闭合自锁，同时 KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）立即闭合，为限制继续往返循环做准备；在按下 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常开触点（17-19）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动工作台向右移动，与此同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（7-9）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（29-31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电反转运转了，也就是说工作台向右进行移动。

当工作台缓慢向右移动到位时，行程开关 SQ_2 被撞块触动压合，此时 SQ_2 的一组常闭触点（3-17）断开，切断了交流接触器 KM_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KM_2、KT_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机机失电停止运转；与此同时，KT_2 开始延时（设定延时时间为 3s 内）。在 KM_2 线圈断电释

放时，指示灯 HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机停止运转了。在行程开关 SQ_2 被撞块触动压合的同时，SQ_2 的另一组常开触点（5-15）闭合，与正在延时还未断开的 KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）形成闭合回路，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动工作台向左移动，与此同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（19-21）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转运转了，也就是说，工作台向左开始返回了。

经 KT_2 延时后（仅 3s 左右），KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）断开，保证工作台回到原位后不再进行循环控制做先前准备。也就是说，在 SQ_2 被触动

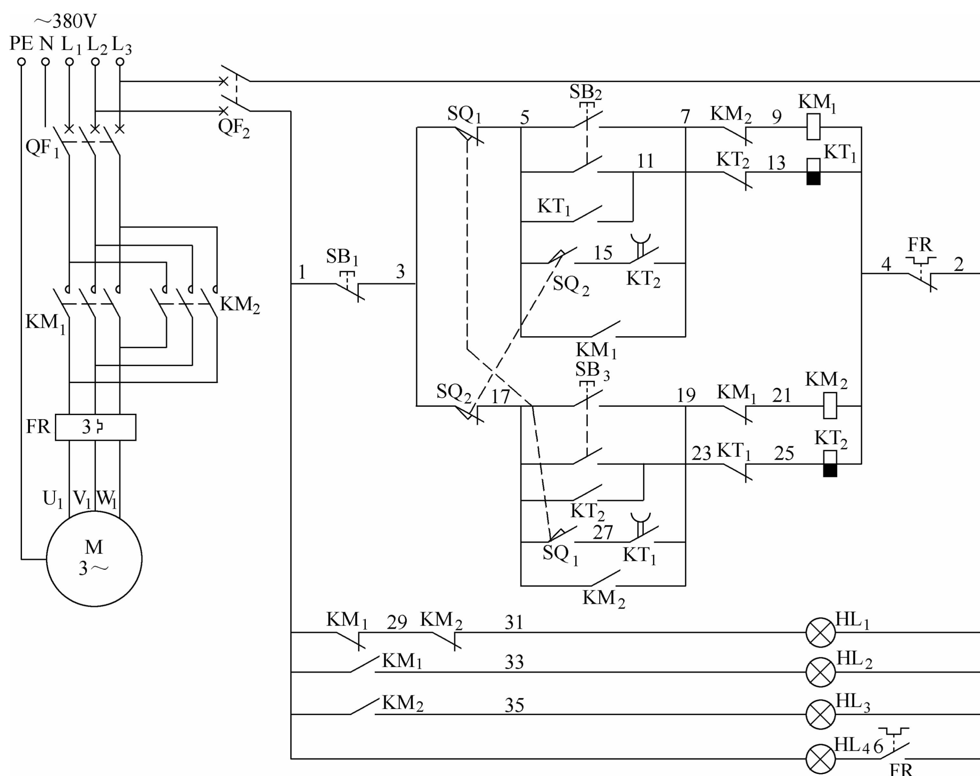


图 4-2　往返循环自动回到原位停止控制电路

后 3s 内 KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）就必须先断开。

当工作台缓慢返回到位时，行程开关 SQ_1 被撞块触动压合，此时 SQ_1 的一组常闭触点（3-5）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而使工作台停止向左移动。在行程开关 SQ_1 被撞块触动压合的同时，SQ_1 的另一组常开触点（17-27）闭合，为下次循环做准备。在 KM_1 线圈断电释放的同时，指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明电动机停止运转了。

至此，工作台右移再返回到位自动停止控制结束。

电路中失电延时时间继电器 KT_1、KT_2 的延时时间为 1 ~ 3s，以行程开关 SQ_1 或 SQ_2 动作能转换成功即可。

欲需中途停止，则按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

图 4-2 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，HL_2 为电动机正转运转指示灯，HL_3 为电动机反转运转指示灯，HL_4 为电动机过载指示灯。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 4-2 所示。

电路 94　自动往返控制电路

1. 工作原理

这里介绍的是一例自动往返控制电路，它集紧急停止、防止交流接触器主触点熔焊，行程开关失灵等控制及保护功能为一体。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源指示灯 HL_1 亮，电动机停止指示灯 HL_2 亮，说明电源有电且电动机处于停止状态。

（1）电源提供、紧急停止及极限保护控制

从主回路可以看出，电源提供交流接触器 KM_1 与正、反转交流接触器 KM_2 或 KM_3 是串联连接的，所以 KM_1 就可以控制电动机的电源。按下起动按钮 SB_3（9-11），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，为电动机起动运转提供三相交流 380V 电源，同时也为自动往返运转提供控制电源；与此同时，KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电源已提供正常。当电动机在运转过程中倘若出现正、反转交流接触器 KM_2 或 KM_3 主触点熔焊，行程开关 SQ_3、SQ_4 失灵时，可通过极限行程开关 SQ_1、SQ_2 得以自动停止保护或人为手动按下紧急停止按钮 SB_1 进行紧急控制。需提醒的是，当电源交流接触器 KM_1 线圈断电释放或电动机停止运转后（也就是电源指示灯 HL_3 熄灭后），倘若正转或反转运转指示灯 HL_4 或 HL_5 点亮，则说明是正转（KM_2）或反转（KM_3）交流接触器主触点熔焊了或交流接触器出现机械部分卡死现象造成其不能释放。

（2）正、反转自动往返控制

当电源交流接触器 KM_1 得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合自锁后，为自动往返控制提供电源准备工作。此时可按下 SB_5 或 SB_4 进行起动控制，倘若是按下正转起动按钮 SB_5，SB_5 的一组常闭触点（23-25）断开，起互锁作用；SB_5 的一组常开触点（13-15）闭合，正转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。与此同时，KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常闭触点（25-27）断开，起到互锁保护作用；同时 KM_2 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机得电已正转运转了。电动机得电正转运转后则带动拖板向左边移动，当移动到位后碰块触及行程开关 SQ_3 时，SQ_3 动作，SQ_3 的一组常闭触点（15-17）断开，切断正转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机正转运转停止；SQ_3 的一组常开触点（11-21）闭合，接通反转交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（11-21）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。与此同时，KM_3 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（17-19）断开，起到互锁保护作用；同时 KM_2 辅助常开触点（1-35）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_3 辅助常开触点（1-37）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机得电反转运转了。需提醒的是，当电动机反转运转后拖板碰块离开行程开关 SQ_3 时，SQ_3 立即复位，为再次限位做准备。此时，电动机得电反转运转则带动拖板向右边移动，当移动到位后碰块触及行程开关 SQ_4 时，SQ_4 动作，SQ_4 的一组常闭触点（21-23）断开，切断反转交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机反转运转停止；SQ_3 的一组常开触点（13-15）闭合，接通正转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电又正转起动运转。与此同时，KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常闭触点（25-27）断开，起到互锁保护作用；同时 KM_3 辅助常开触点（1-37）断开，指示灯 HL_5 灭，KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机得电又正转运转了。当电动机正转运转后拖板碰块离开行程开关 SQ_4 时，SQ_4 立即转态复位，为再次限位做准备。如此这般往返循环下去，实现自动往返控制。

电路中，HL_1 为电源指示灯，HL_2 为电动机停止运转指示灯，HL_3 为电源已提供指示灯，HL_4 为电动机正转运转指示灯，HL_5 为电动机反转运转指示灯。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 4-3 所示。

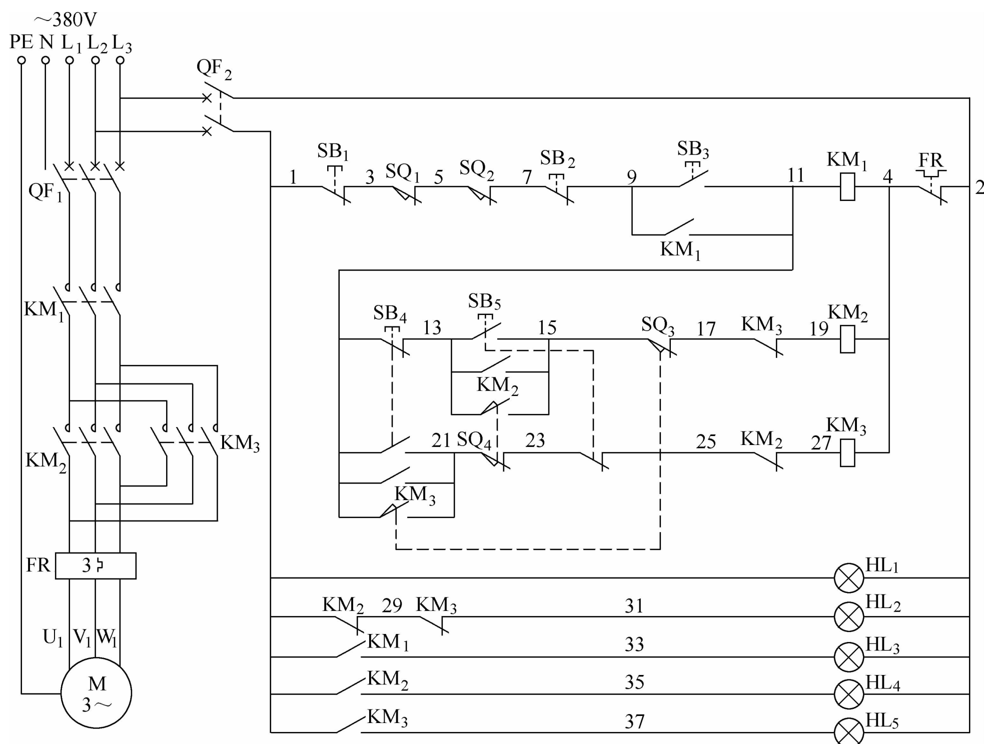


图 4-3　自动往返控制电路

电路 95　自动往返循环控制电路

本例为自动往返循环控制电路，如图 4-4 所示。通过分别安装在左、右终端位置上的两只行程开关 SQ_1、SQ_2 来实现自动往返循环控制。

自动往返控制时，按下正转运动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_3 均可实现，现按下正转起动按钮 SB_2，其常开触点（3-5）闭合，使正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁（3-5），KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，带动拖板向左边移动。当拖板向左边移动碰触到行程开关 SQ_1 时，SQ_1 常闭触点（5-7）断开，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动

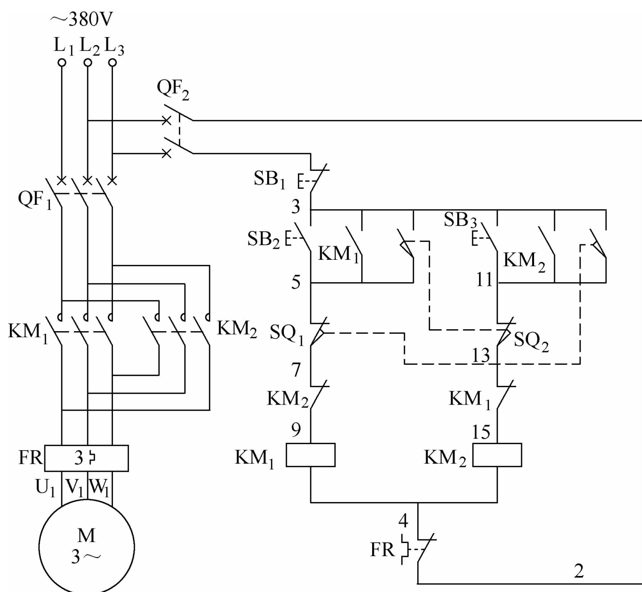


图 4-4　自动往返循环控制电路

机失电正转停止运转，拖板向左边移动停止。SQ_1 常开触点（3-11）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁（3-11），KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转，带动拖板向右边移动。当拖板向右边移动碰触到行程开关 SQ_2 时，SQ_2 常闭触点（11-13）断开，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转，拖板向右边移动停止。SQ_2 常开触点（3-5）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁（3-5），KM_1 三相主触点闭合，电动机又重新得电正转起动运转，带动拖板向左边移动。如此循环，完成自动往返循环控制。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

电路 96　带限位保护的自动往返循环控制电路

本例为带限位保护的自动往返循环控制电路，如图 4-5 所示。

电路中，行程开关 SQ_1 用来切断正转控制电路，再接通反转控制电路；行程开关 SQ_2 用来切断反转控制电路，再接通正转控制电路；行程开关 SQ_3 用于左端位置极限保护；行程开关 SQ_4 用于右端位置极限保护。

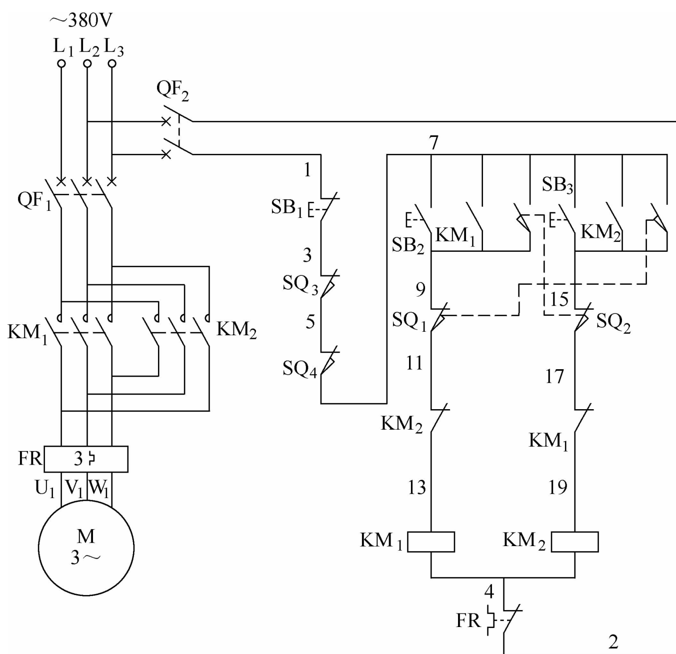


图 4-5　带限位保护的自动往返循环控制电路

电路 97　用一只行程开关完成自动往返循环控制电路

通常要实现自动往返循环控制，基本上需要两只行程开关才能实现。这里介绍的是采用一只行程开关即可实现自动往返循环控制。但必须采用双轮不可复位式行程开关，如 LX19-232 型，且行程开关需居中安装，如图 4-6 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合且自锁（3-5），为自动往返循环控制提供控制电源条件。此时，交流接触器 KM_1 线圈通过行程开关 SQ 常闭触点（5-7）得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，带动拖板向左边移动。当拖板向左边移动到位时，拖板上的碰块触动行程开关 SQ 使其动作转态，这时，SQ 常闭触点（5-7）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转，拖板向左边移动停止。与此同时，SQ 常开触点（5-11）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转，带动拖板向右边移动。当拖板向右边移动到位时，拖板上的碰块触动行程开关 SQ 使其动作转态，这时，SQ 常开触点（5-11）断开，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转。与此同时，SQ 常闭触点（5-7）又恢复闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电

又正转起动运转了，带动拖板向左边移动。如此循环，完成自动往返循环控制。

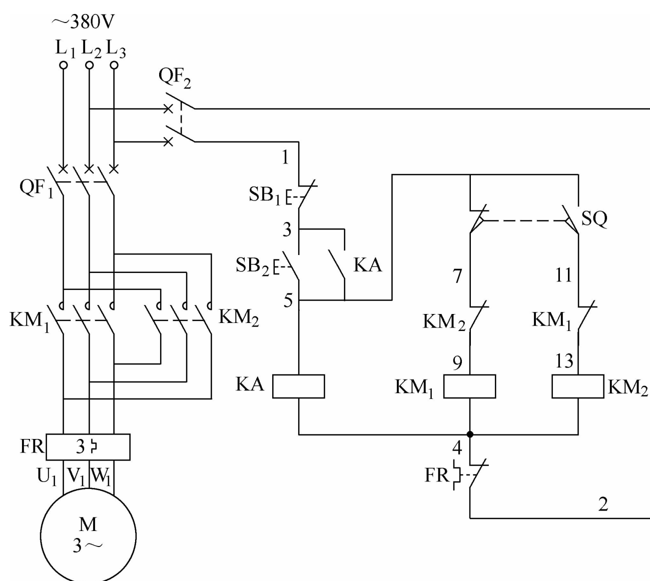


图 4-6　用一只行程开关完成自动往返循环控制电路

第 5 章

电动机调速控制电路

电路 98　2丫/2丫双速电动机手动控制电路

如图 5-1a、b、c 所示，2丫/2丫双速电动机定子绕组引出端为 9 根线。

第一组 2丫联结：首先将引出端 U_3、V_3、W_2 短接起来，再分别将引出端 U_1、U_2 短接起来后通过 U_1 引出端接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_1、V_2 短接起来后通过 V_1 引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_1、W_2 短接起来后通过 W_1 引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，这样，电动机定子绕组为一种 2丫联结。

第二组 2丫联结：首先将引出端 U_2、V_2、W_2 短接起来，再分别将引出端 U_1、U_3 短接起来后通过 U_1 引出端接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_1、V_3 短接起来后通过 V_1 引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_1、W_3 短接起来后通过 W_1 引出端接到三相交流电源的 L_3 相上，这样，电动机定子绕组接为另一种 2丫联结。

2丫/2丫双速电动机手动控制电路如图 5-1d 所示。

1. 第一种速度起动

按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_2、KM_3 线圈得电吸合且 KM_2、KM_3 各自的辅助常开触点（5-13、7-13）闭合自锁，KM_2、KM_3 串联在 KM_1 线圈回路中的常开触点（3-25、25-27）闭合，KM_1 线圈也得电吸合，这样，交流接触器 KM_2 三相主触点分别将 U_1、U_2，V_1、V_2，W_1、W_2 短接后接至电源交流接触器 KM_1 三相主触点的下端，交流接触器 KM_3 主触点将 U_3、V_3、W_3 短接起来，组成第一种 2丫联结，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电以第一种速度起动。同时指示灯 HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机已以第一种速度起动运转了。

2. 第二种速度起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断 KM_2、KM_3 及 KM_1 线圈回路电源，使 KM_2、KM_3、KM_1 线圈断电释放，KM_2、KM_3、KM_1 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转；与此同时，SB_3 的另一组常开触点（15-17）

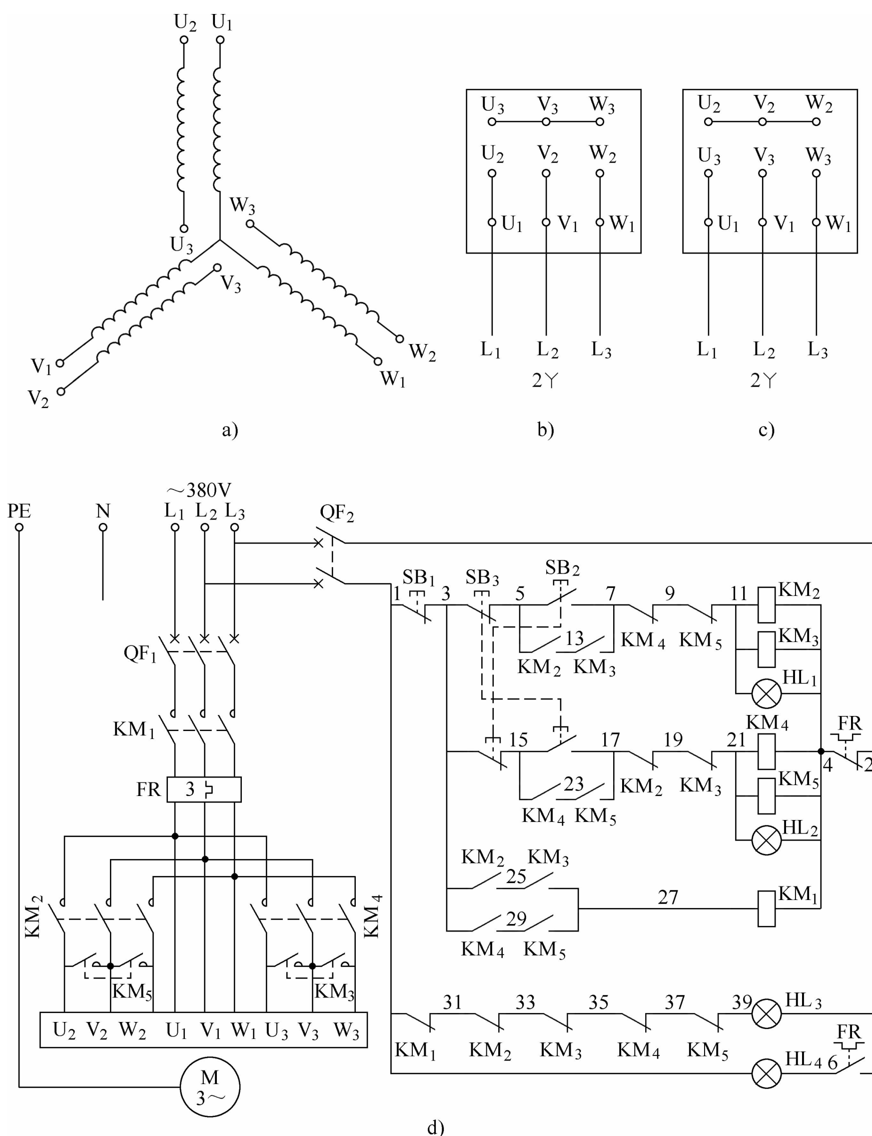


图 5-1　2 Y/2 Y双速电动机定子绕组端子图和其手动控制电路

闭合，交流接触器 KM_4、KM_5 线圈得电吸合且 KM_4、KM_5 各自的辅助常开触点（15-23、17-23）闭合自锁，KM_4、KM_5 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常开触点（3-29、27-29）闭合，KM_1 线圈也得电吸合，这样，交流接触器 KM_4 三相主触点分别将 U_1、U_3，V_1、V_3，W_1、W_3 短接起来后接至电源交流接触器 KM_1 三相主触点的下端，交流接触器 KM_5 将 U_2、V_2、W_2 短接起来，组成第二种 2 Y联

结，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电已以第二种速度起动。同时指示灯 HL_3 灭，HL_2 亮，说明电动机已以第二种速度起动运转了。

停止时只需按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

图 5-1d 中，HL_1 为电动机第一种速度运转指示灯；HL_2 为电动机第二种速度运转指示灯；HL_3 为电动机停止兼电源指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载时此灯亮。

电路 99　2△/Y双速电动机手动控制电路

如图 5-2a、b、c 所示，2△/Y双速电动机定子绕组有 8 个出线端。

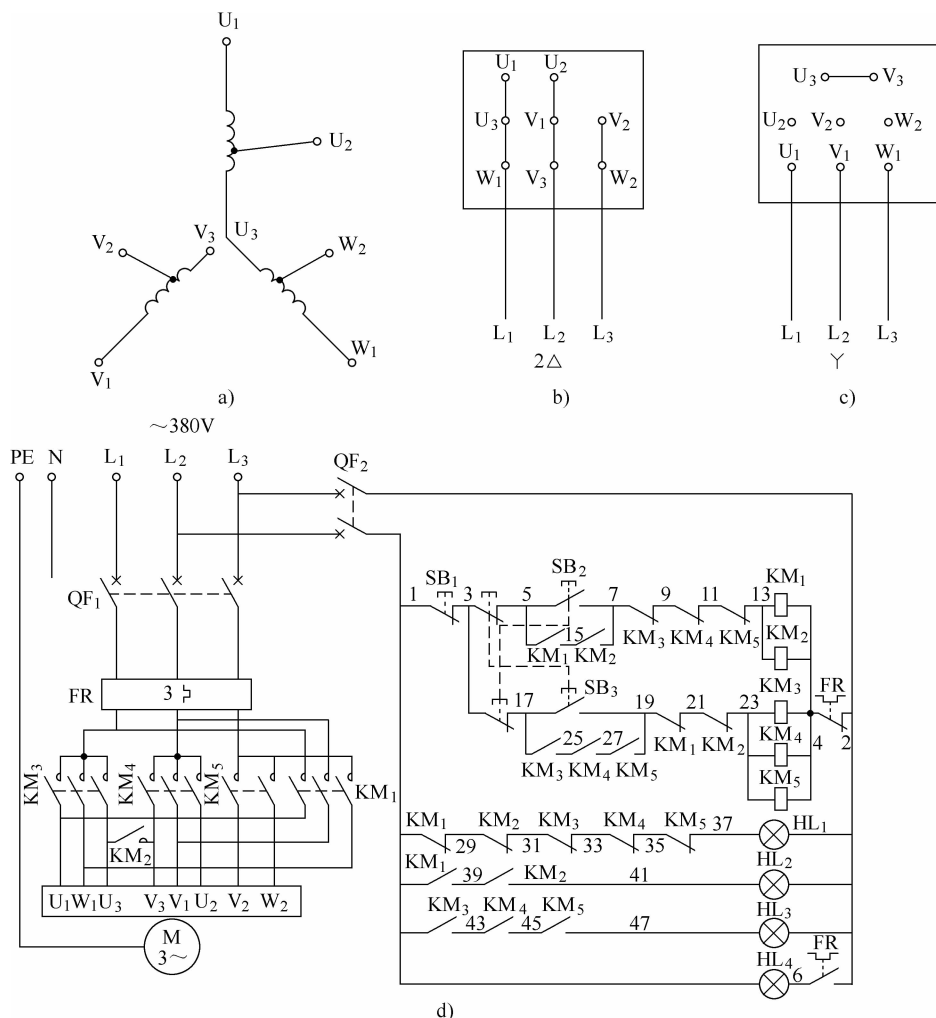


图 5-2　2△/Y双速电动机定子绕组端子图和其手动控制电路

丫联结：将电动机出线端 U_3 和 V_3 短接起来，再将电动机出线端 U_1、V_1、W_1 分别接到三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组即为丫联结。

2△联结：将电动机出线端 U_1、U_3、W_1 短接起来接至三相交流电源的 L_1 相上，再将电动机出线端 U_2、V_1、V_3 短接起来接至三相交流电源的 L_2 相上，最后将电动机出线端 V_2、W_2 短接起来接至三相交流电源的 L_3 相上，此时电动机定子绕组即为 2△联结。

图 5-2d 所示为 2△/丫双速电动机手动控制电路。

1. 丫起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-17）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_4、KM_5 线圈回路电源，起到互锁作用；与此同时，SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源，KM_1、KM_2 串联在 KM_3、KM_4、KM_5 线圈回路中的辅助常闭触点（19-21、21-23）断开，起互锁作用；KM_1、KM_2 辅助常开触点（5-15、7-15）闭合自锁，KM_1、KM_2 三相主触点闭合，其中 KM_1 三相主触点将电动机引线端 U_1、V_1、W_1 接到三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，KM_2 三相主触点将电动机引线端 U_3、V_3 短接起来，这样，电动机定子绕组连接成丫起动运转。同时 KM_1、KM_2 辅助常闭触点（1-29、29-31）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2 辅助常开触点（1-39、39-41）闭合，丫运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已丫起动运转了。

2. 2△形起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源，KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 三相主触点断开，电动机丫停止运转；与此同时，SB_3 的另一组常开触点（17-19）闭合，交流接触器 KM_3、KM_4、KM_5 线圈得电吸合且 KM_3、KM_4、KM_5 辅助常开触点（17-25、25-27、19-27）闭合自锁，KM_3、KM_4、KM_5 各自的三相主触点闭合，其中 KM_3 三相主触点将电动机引线端 U_1、W_1、U_3 短接起来后接至三相电源的 L_1 相上，KM_4 三相主触点将电动机引线端 V_3、V_1、U_2 短接起来后接至三相电源的 L_2 相上，KM_5 三相主触点将电动机引线端 V_2、W_2 短接起来后接至三相电源的 L_3 相上；这样，电动机定子绕组连接成 2△起动运转。同时 KM_3、KM_4、KM_5 辅助常闭触点（31-33、33-35、35-37）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2 辅助常开触点（1-39、39-41）恢复常开状态，丫运转指示灯 HL_2 灭，KM_3、KM_4、KM_5 辅助常开触点（1-43、43-45、45-47）闭合，2△运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已 2△起动运转了。

无论电动机丫运转还是 2△运转，欲停止时只要按下停止按钮 SB_1 即可使电动机失电停止运转。

图 5-2d 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机丫运转指示灯；HL_3 为电动机 2△运转指示灯；HL_4 为过载指示灯，当电动机过载时此灯亮，说明电动机过载了。

电路 100　丫-△-2 丫联结三速电动机手动控制电路

丫-△-2 丫联结三速电动机定子绕组有 9 个出线端，如图 5-3a 所示。低速时，将 U_1、V_1、W_1 分别接至三相交流电源 L_1、L_2、L_3 上，其余 6 个出线端 U_2、V_2、W_2、U_3、V_3、W_3 悬空不接；中速时，将 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源 L_1、L_2、L_3 上，其余 6 个出线端 U_1、V_1、W_1、U_3、V_3、W_3 悬空不接；高速时，将 U_3、V_3、W_3 分别接至三相交流电源 L_1、L_2、L_3 上，再将 U_1、V_1、W_1 短接，其余 3 个出线端悬空不接。

电气原理图如图 5-3b 所示。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁。此时，低速运转指示灯 HL_1 亮，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以 380V 交流电源接成丫低速起动。与此同时，KM_1 的另外两组辅助常闭触点（6-12、16-18）断开，起到互锁作用。

2. 低速停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，低速运转指示灯 HL_1 灭，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 失电而停止运转。与此同时，KM_1 的另外两组辅助常闭触点（6-12、16-18）恢复常闭，为中速或高速起动提供条件。

3. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3（3-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，此时，中速运转指示灯 HL_2 亮，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以 380V 交流电源接成△中速起动。与此同时，KM_2 的另外两组辅助常闭触点（6-8、2-16）断开，起到互锁作用。

4. 中速停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，中速运转指示灯 HL_2 灭，KM_2 三相主触点断开，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 失电而停止运转。与此同时，KM_2 的另外两组辅助常闭触点（6-8、2-16）恢复常闭，为低速或高速起动提供条件。

5. 高速起动

按下高速起动按钮 SB_4（3-9），交流接触器 KM_3、KM_4 线圈得电吸合，KM_3、KM_4 辅助常开触点（3-11、9-11）闭合串联自锁，高速运转指示灯 HL_3

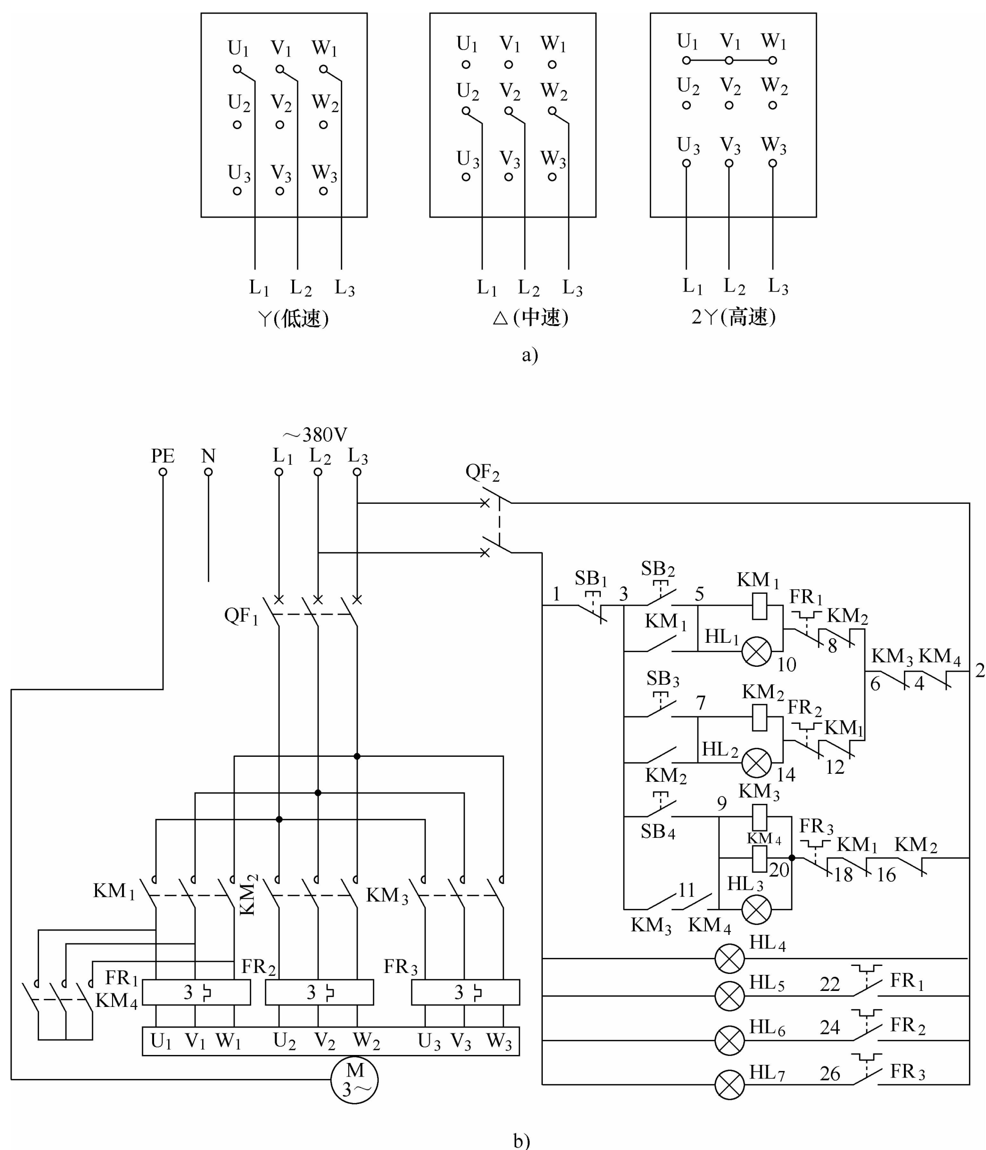


图 5-3　Y-△-2 Y接法三速电动机定子绕组端子图和电气原理图

亮，KM_4 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为Y点；KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以 380V 交流电源接成 2 Y高速起动。与此同时，KM_3、KM_4 各自的辅助常闭触点（4-6、2-4）断开，起到互锁作用。

6. 高速停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_3、KM_4 线圈断电释放，高速运转

指示灯 HL_3 灭，KM_3、KM_4 各自的三相主触点断开，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 失电而停止运转。与此同时，KM_3、KM_4 各自的辅助常闭触点（4-6、2-4）恢复常闭，为低速或中速起动提供条件。

电路 101　△-丫-2 丫联结三速电动机手动控制电路

该接法三速电动机与丫-△-2 丫联结三速电动机一样，其定子绕组也有 9 个出线端，如图 5-4a 所示。低速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_1、V_1、W_1 上，其他出线端悬空不接；中速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_2、V_2、W_2 上，其他出线端悬空不接；高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_3、V_3、W_3 上，再将 U_1、V_1、W_1 短接起来，余下的 3 个出线端 U_2、V_2、W_2 悬空不接。

本电路有两大特点：一是有按钮常闭触点互锁和接触器常闭触点互锁功能，互锁程度高；二是在低速、中速、高速操作时，不需按动停止按钮就可随意改变所需速度，操作起来很方便。

电气原理如图 5-4b 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2，SB_2 的两组常闭触点（3-11、3-17）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_2、KM_4 线圈回路电源（即切断了中速、高速交流接触器线圈回路电源），起到按钮常闭触点互锁作用；SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 交流电源接成△低速起动。与此同时，KM_1 的两组辅助常闭触点（8-12、14-16）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机低速起动运转了。

2. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3，SB_3 的两组常闭触点（5-7、17-19）断开，其中 SB_3 的一组常闭触点（5-7）切断交流接触器 KM_1 线圈电源（即切断了低速、高速交流接触器线圈回路电源），KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 失电而停止低速运转；KM_1 辅助常开触点（1-25）断开，低速运转指示灯 HL_2 灭；其中串联在交流接触器 KM_2、KM_4 线圈回路中的另一组 SB_3 常闭触点（17-19）断开，对 KM_2、KM_4 起互锁作用。在 SB_3 起动按钮按下的同时，SB_3 常开触点（11-13）闭合，接通中速交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 交流电源接成丫中速起动。与此同

时，KM_3 的两组辅助常闭触点（8-10、4-14）断开，起互锁作用；KM_3 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已中速起动运转了。

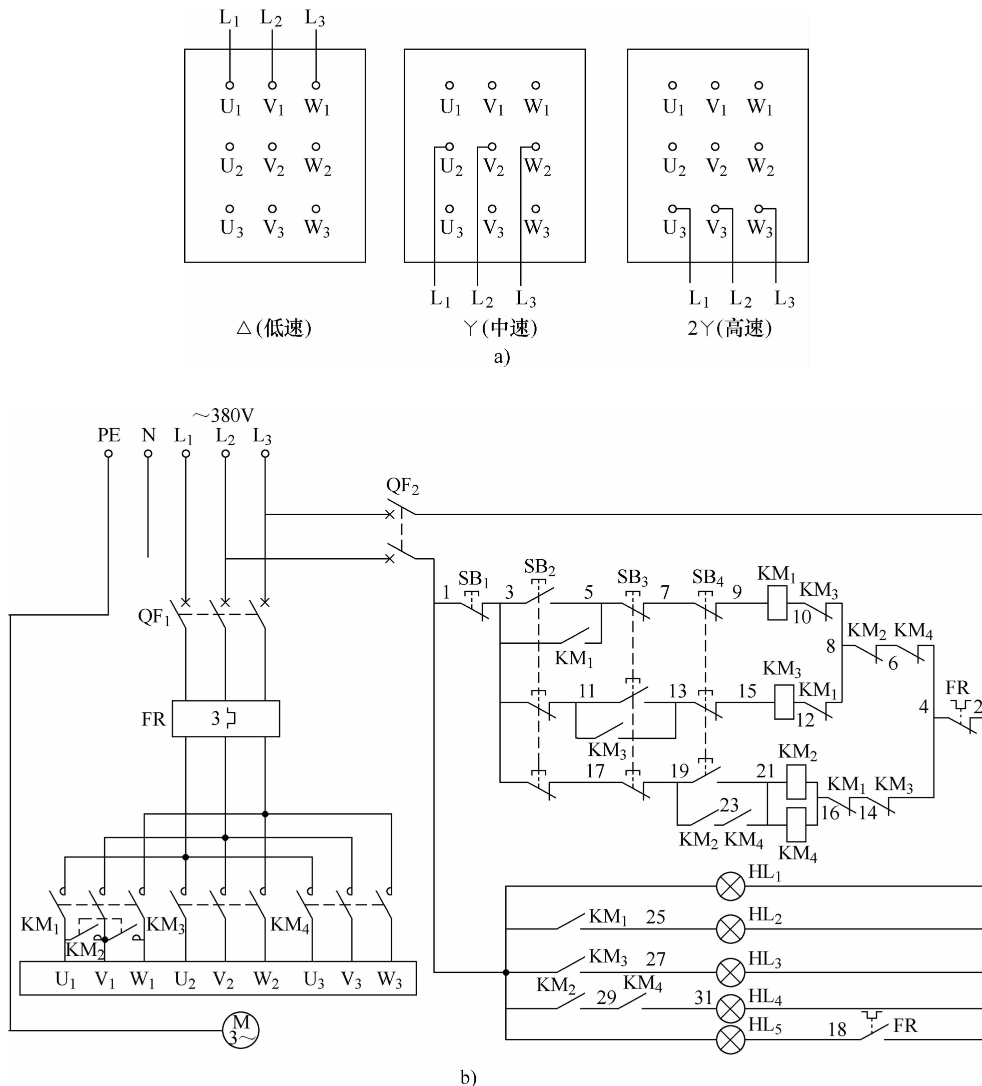


图 5-4 △-Y-2Y联结三速电动机定子绕组端子图及其电气原理图

3. 高速运转

按下高速起动按钮 SB_4，SB_4 的两组常闭触点（7-9、13-15）断开，其中 SB_4 的一组常闭触点（13-15）切断交流接触器 KM_3 线圈电源（即切断了低速、中速交流接触器线圈回路电源），KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 失电而停止中速运转；KM_3 辅助常开触点（1-27）断开，中速

运转指示灯 HL_3 灭；SB_4 的另一组常闭触点（7-9）断开，对 KM_1 起互锁作用。在 SB_4 起动按钮按下的同时，SB_4 的一组常开触点（19-21）闭合，接通高速交流接触器 KM_2、KM_4 线圈回路电源，KM_2、KM_4 线圈得电吸合，KM_2、KM_4 辅助常开触点（19-23、21-23）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为丫点；KM_4 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以三相 380V 交流电源接成 2 丫高速起动。与此同时，KM_2、KM_3 辅助常闭触点（6-8、4-6）断开，起互锁作用；KM_2、KM_4 辅助常开触点（1-29、29-31）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机已高速起动运转了。

4. 停止

无论电动机处于任何运转速度，只要按下停止按钮 SB_1（1-3），即切断了相应交流接触器线圈电源，使其断电释放，其三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，相应指示灯灭，以指示电动机停止运转了。

电路 102　三速电动机自动加速电路

三速电动机的定子绕组为两套绕组共 10 个出线端，通过改变这 10 个出线端与电源的连接，就会变换成三种不同的转速，以满足生产工艺中不同转速的需要。

其三速电动机定子绕组连接方法如图 5-5a ~ d 所示。

低速时连接：将三相 380V 电源接到 U_1、V_1、W_1 端，并将 W_1 端和 U_3 端短接起来，剩下 6 个出线端悬空即可。此接法为△联结，如图 5-5b 所示。

中速时连接：将三相 380V 电源接到 U_4、V_4、W_4 端，剩下 7 个出线端悬空即可。此接法为丫联结，如图 5-5c 所示。

高速时连接：将三相 380V 接到 U_2、V_2、W_2 端，再将 U_1、V_1、W_1、U_3 全部短接起来，剩下 3 个出线端悬空即可。此接法为丫丫联结，如图 5-5d 所示。

有的三速电动机正常工作时一般用高速挡工作，而低速、中速为连续加速起动用，也就是说为高速逐级加速起动。图 5-5e 所示电路为三速电动机自动加速电路。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转且电源有电。

加速起动时按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-5）闭合自锁，KA 常开触点（5-7）闭合，接通了时间继电器 KT_1、低速交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 电源，另外 KM_1 另一只主触点将 W_1 端与 U_3 端短接起来，电动机定子绕组为△联结，电动机低速起动；此时指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，电动机已处于低速起动状态。同时 KT_1 开始延时，向中速自动加速。

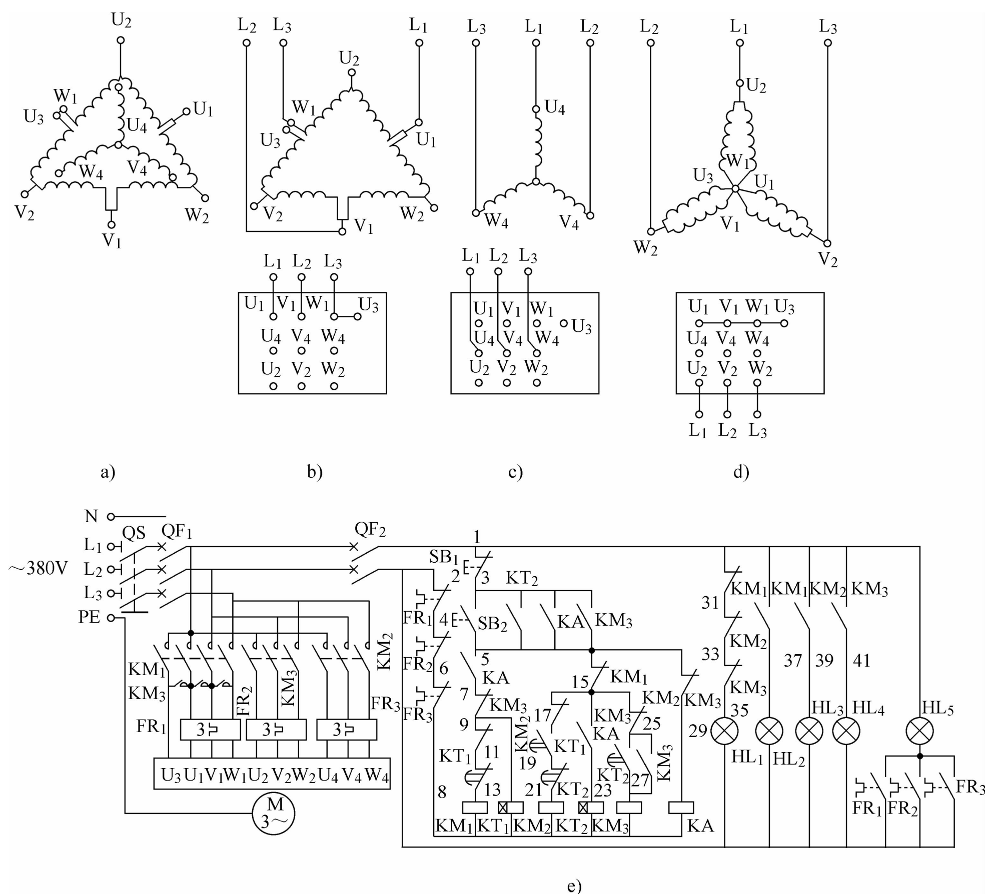


图 5-5　三速笼型电动机定子绕组的连接方式及其自动加速电路

a）双绕组　b）△联结（低速）　c）丫联结（中速）

d）丫丫联结（高速）　e）三速电动机自动加速电路

当经 KT_1 延时后，KT_1 延时断开的常闭触点（11-13）断开，KM_1 线圈断电，KM_1 主触点断开，电动机断电解除低速，但仍靠惯性转动；同时，KT_1 延时闭合的常开触点（17-19）闭合，中速交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机出线端 U_4、V_4、W_4 通以三相380V电源，电动机定子绕组为丫联结，电动机由低速加速到中速，电动机中速起动；此时指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，电动机已处于中速起动状态。同时 KT_2 开始延时，向高速自动加速。

当经 KT_2 延时后，KT_2 延时断开的常闭触点（19-21）断开，KM_2 线圈断电，KM_2 主触点断开，电动机断电解除中速，但仍靠惯性转动；同时 KT_2 延时闭合的常开触点（25-27）闭合，高速交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触

点闭合，电动机出线端 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 电源，另外，KM_3 另一个三相主触点将 U_1、V_1、W_1、U_3 全部短接起来，电动机定子绕组为YY联结，电动机自动加速到高速运转。同时指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，电动机已处于高速正常运转状态。从而完成由低速（△）→中速（Y）→高速（YY）逐挡自动加速起动。

图 5-5e 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，HL_2 为电动机低速运转指示灯，HL_3 为电动机中速运转指示灯，HL_4 为电动机高速运转指示灯，HL_5 为电动机过载指示灯。

电路 103　△-△-2Y-2Y联结四速电动机手动控制电路

△-△-2Y-2Y接法四速电动机定子绕组有 12 个出线端，如图 5-6a 所示。低速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_1、U_2、U_3，其余 9 个出线端均悬空不接；中速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_2、V_2、W_2，其余 9 个出线端均悬空不接；高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_3、V_3、W_3，再将 U_1、V_1、W_1 短接，其余 6 个出线端悬空不接；最高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_4、V_4、W_4，再将 U_2、V_2、W_2 短接，其余 6 个出线端悬空不接。

电气原理图如图 5-6b 所示。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 交流电源接成△低速起动。同时，串联在中速、高速、最高速交流接触器 KM_2、KM_3、KM_5、KM_4、KM_6 线圈回路中的两组 KM_1 辅助常闭触点（10-16、20-22）断开，起到互锁保护作用。

2. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3（3-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 交流电源接成另一种△中速起动。同时，串联在低速、高速、最高速交流接触器 KM_1、KM_3、KM_5、KM_4、KM_6 线圈回路中的两组 KM_2 辅助常闭触点（10-12、2-20）断开，起到互锁保护作用。

3. 高速起动

按下高速起动按钮 SB_4（3-9），交流接触器 KM_3、KM_5 线圈得电吸合，KM_3、KM_5 各自的辅助常开触点（3-11、9-11）闭合串联自锁，KM_5 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为Y点；KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以三相380V交流电源接成2Y高速起动。同时，串联在低

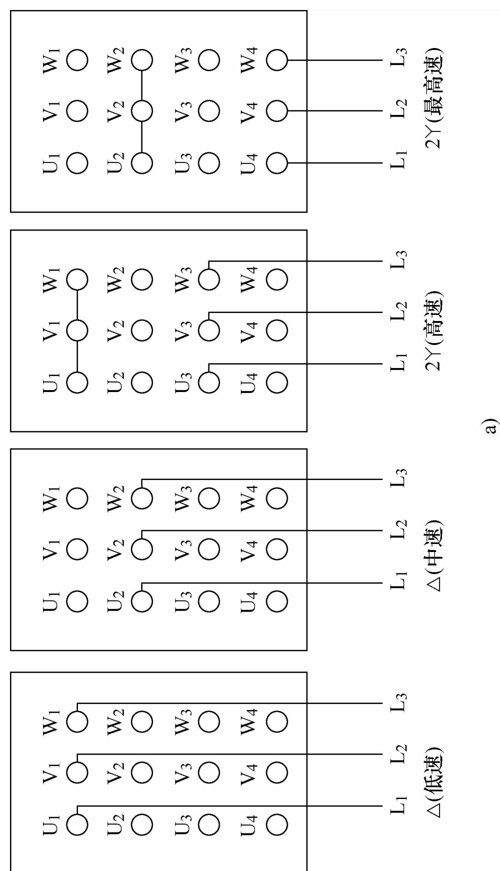


图 5-6　△-△-2Y-2Y联结四速电动机定子绕组端子图及其手动控制电路

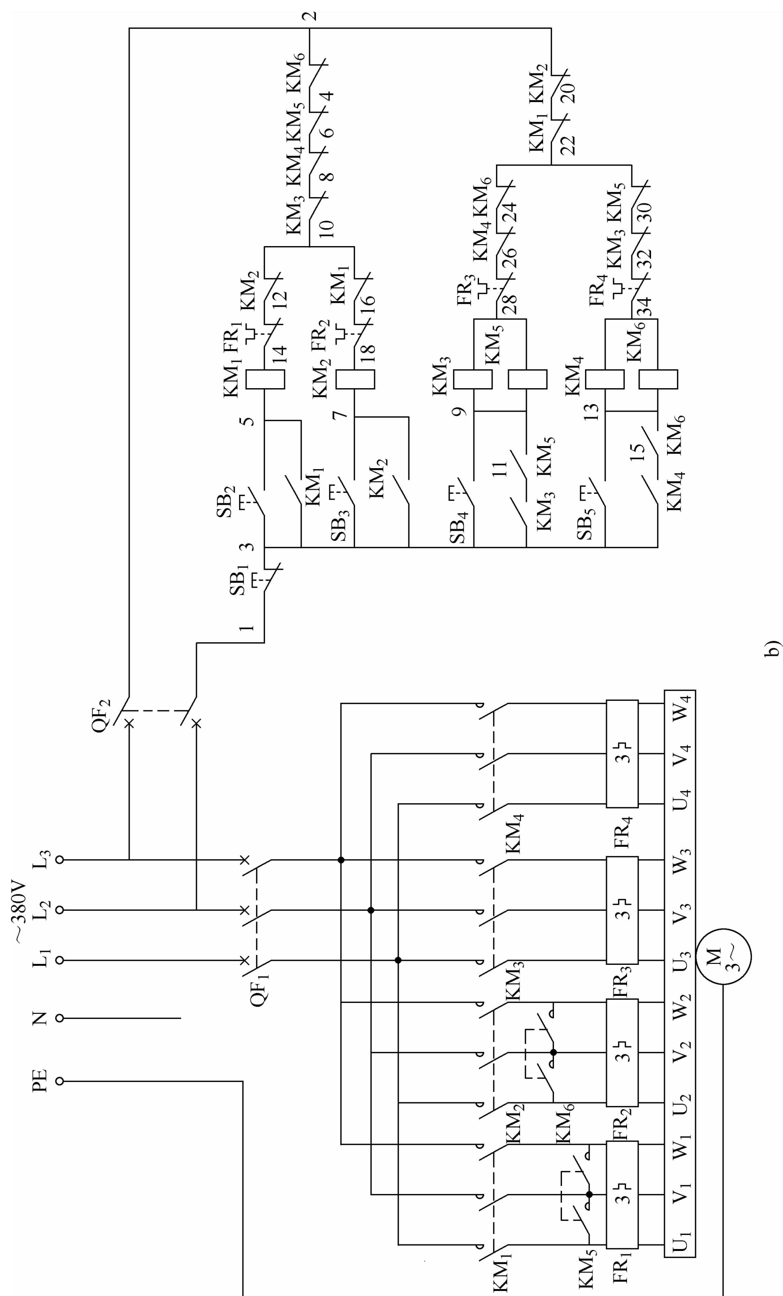


图 5-6　△-△-2Y-2Y联结四速电动机定子绕组端子图及其手动控制电路（续）

速、中速、最高速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_4、KM_6 线圈回路中的四组 KM_3、KM_5 辅助常闭触点（8-10、4-6、30-32、22-30）断开，起到互锁保护作用。

4. 最高速起动

按下最高速起动按钮 SB_5（3-13），交流接触器 KM_4、KM_6 线圈得电吸合，KM_4、KM_6 各自的辅助常开触点（3-15、13-15）闭合串联自锁，KM_6 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 短接成人为丫点；KM_4 三相主触点闭合，电动机绕组 U_4、V_4、W_4 通以三相380V交流电源接成另一种2丫最高速起动。同时，串联在低速、中速、高速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_5 线圈回路中的四组 KM_4、KM_6 辅助常闭触点（6-8、2-4、24-26、22-24）断开，起到互锁保护作用。

电路104　三速电动机手动控制调速电路

图5-7所示电路为三速电动机手动控制调速电路。通过按钮 SB_2 使交流接触器 KM_1 工作，电动机低速运转；通过按钮 SB_3 使交流接触器 KM_2 工作，电动机中速运转；通过按钮 SB_4 使交流接触器 KM_3 工作，电动机高速运转。

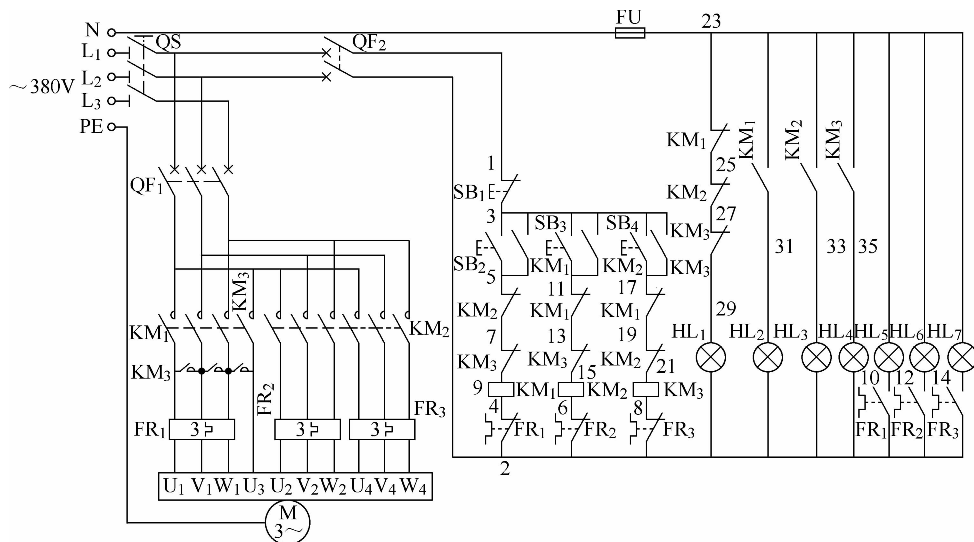


图5-7　三速电动机手动控制调速电路

1. 低速时

按下低速起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 通以三相380V电源，KM_1 另一只主触点将 W_1 端与 U_3 端短接起来，电动机定子绕组连接为△联结，电动机低速运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（23-25）断

开，辅助常开触点（23-31）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速运转了。

2. 中速时

首先将停止按钮 SB_1（1-3）按下，切断了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电低速停止，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机低速已停止工作。这时按下中速起动按钮 SB_3（3-11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机出线端 U_4、V_4、W_4 通以三相 380V 电源，电动机定子绕组连接为Y联结，电动机中速运转。同时 KM_2 辅助常闭触点（25-27）断开，辅助常开触点（23-33）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_3 亮，说明电动机已中速运转了。

3. 高速时

首先将停止按钮 SB_1（1-3）按下，切断了中速交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电中速停止，同时指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机中速已停止工作。这时按下高速起动按钮 SB_4（3-17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（3-17）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机出线端 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 电源，另外 KM_3 主触点将 U_1、V_1、W_1、U_4 端全部短接起来，电动机定子绕级连接为 2Y联结，电动机高速运转。同时，KM_3 辅助常闭触点（27-29）断开，辅助常开触点（23-25）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_4 亮，说明电动机已高速运转了。

图 5-7 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机低速运转指示灯；HL_3 为电动机中速运转指示灯；HL_4 为电动机高速运转指示灯；HL_5 为低速过载指示灯，低速过载时 HL_5 亮；HL_6 为中速过载指示灯，中速过载时 HL_6 亮；HL_7 为高速过载指示灯，高速过载时 HL_7 亮。

电路 105　2Y/Y双速电动机手动控制电路

如图 5-8a 所示，2Y/Y双速电动机定子绕组有 6 个出线端，若将出线端 U_2、V_2、W_2 悬空不接，将出线端 U_1、V_1、W_1 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组接成Y；若将出线端 U_1、V_1、W_1 全部连接起来，再将出线端 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组接成 2Y。2Y/Y双速电动机手动控制电路如图 5-8b 所示。

1. Y形起动

按下Y形起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-13）断开，使交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路断开，起到互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点

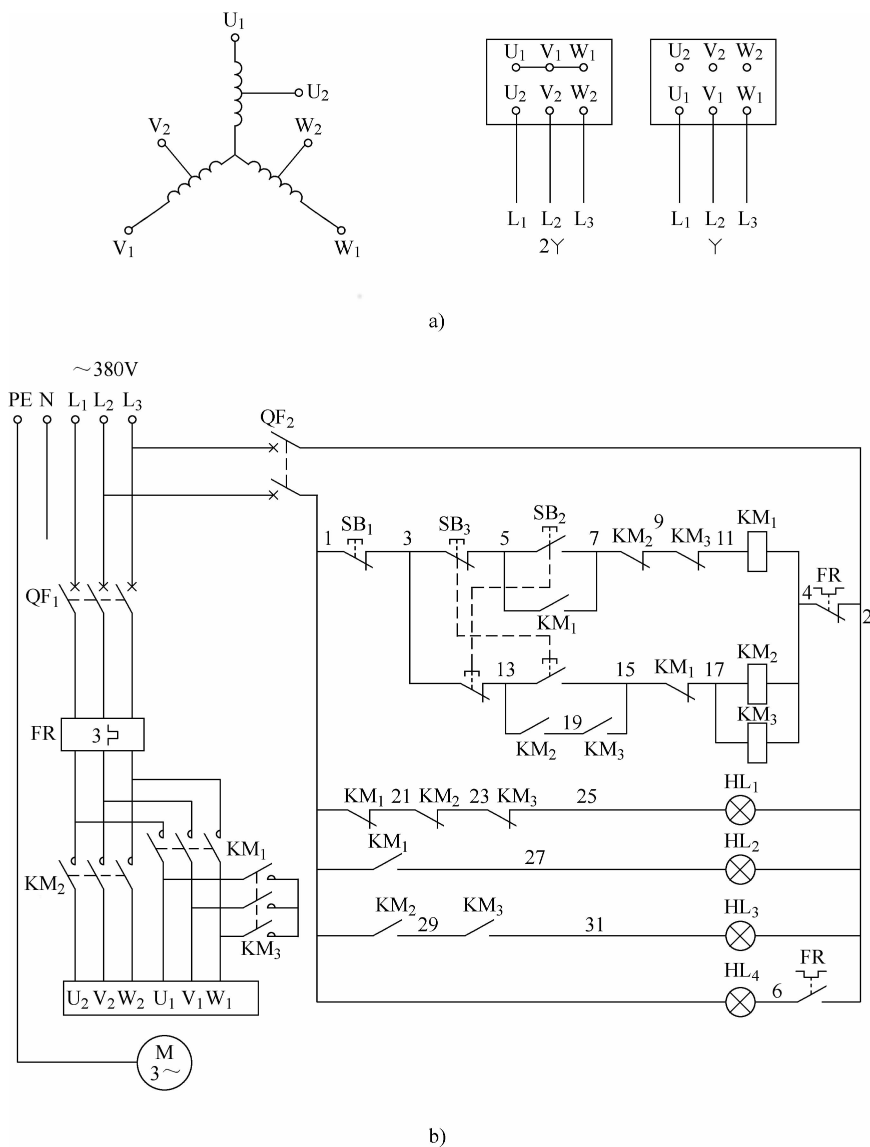


图 5-8　2Y/Y双速电动机定子绕组端子图及其手动控制电路

(5-7) 闭合自锁，KM_1 的一组辅助常闭触点（15-17）断开，起到互锁作用，KM_1 三相主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 分别接至三相电源的 L_1、L_2、L_3 相上，电动机定子绕组接成Y起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-27）闭合，Y运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机以Y起动运转了。

2. 2 丫起动

按下 2 丫起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机丫运转停止，起到互锁作用；SB_3 的另一组常开触点（13-15）闭合，接通交流接触器 KM_2、KM_3 线圈的回路电源，KM_2、KM_3 线圈均得电吸合且 KM_2、KM_3 辅助常开触点（13-19、15-19）闭合自锁，KM_2、KM_3 各自的一组辅助常闭触点（7-9、9-11）断开，起到互锁作用，KM_2、KM_3 三相主触点闭合，其中 KM_2 三相主触点将电动机出线端 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，KM_3 三相主触点将电动机的引出端 U_1、V_1、W_2 全部连接起来，组成人为丫点，此时电动机定子绕组接成 2 丫起动运转。同时，KM_2、KM_3 辅助常闭触点（21-23、23-25）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_2、KM_3 辅助常开触点（1-29、29-31）闭合，2 丫运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已转为 2 丫起动运转了。

电路 106　电磁调速控制器应用电路

电磁调速控制器是用于电磁调速电动机（又称为转差电动机，简称转差电机）的调速控制，实现恒转矩无级调速。

图 5-9 所示为常用的 JD1A 型电磁调速控制器的电气原理图。

JD1A 型电磁调速控制器由速度调节器、移相触发器、晶闸管整流电路及速度负反馈等环节所组成。速度指令信号电压和速度负反馈信号电压比较后，其差值信号被送入速度调节器进行放大，放大后的信号电压与锯齿波相叠加，控制了晶体管的导通时间，产生了随着差值信号电压改变而移动的脉冲，从而控制了晶闸管的导通角，其输出电压也随着变化，使转差离合器的励磁电流得到了控制，即转差离合器的转速随着励磁电流的改变而改变。由于速度负反馈的作用，使转差转速电动机实现恒转矩无级调速。

输出转速应随面板上转速指令电位器的转动而变化。

1. JD1A、JD1B 型电磁调速控制器的调整

（1）转速表的校正

面板上的转速表的指示值正比于测速发电机的输出电压，由于每台测速发电机的输出电压有差异，必须根据电磁调速电动机的实际输出转速对转速表进行校正。调节转速指令电位器，使电动机运转到某一转速时，用轴测试转速表或数字转速表测量电动机的实际输出转速，如果面板上的转速表所指示的值与实际转速不一致，可以调整面板上的“转速表校正”电位器，使之一致。

（2）最高转速整定

此种整定方法就是对快速反馈量的调节，将速度指令电位器顺时针方向转至

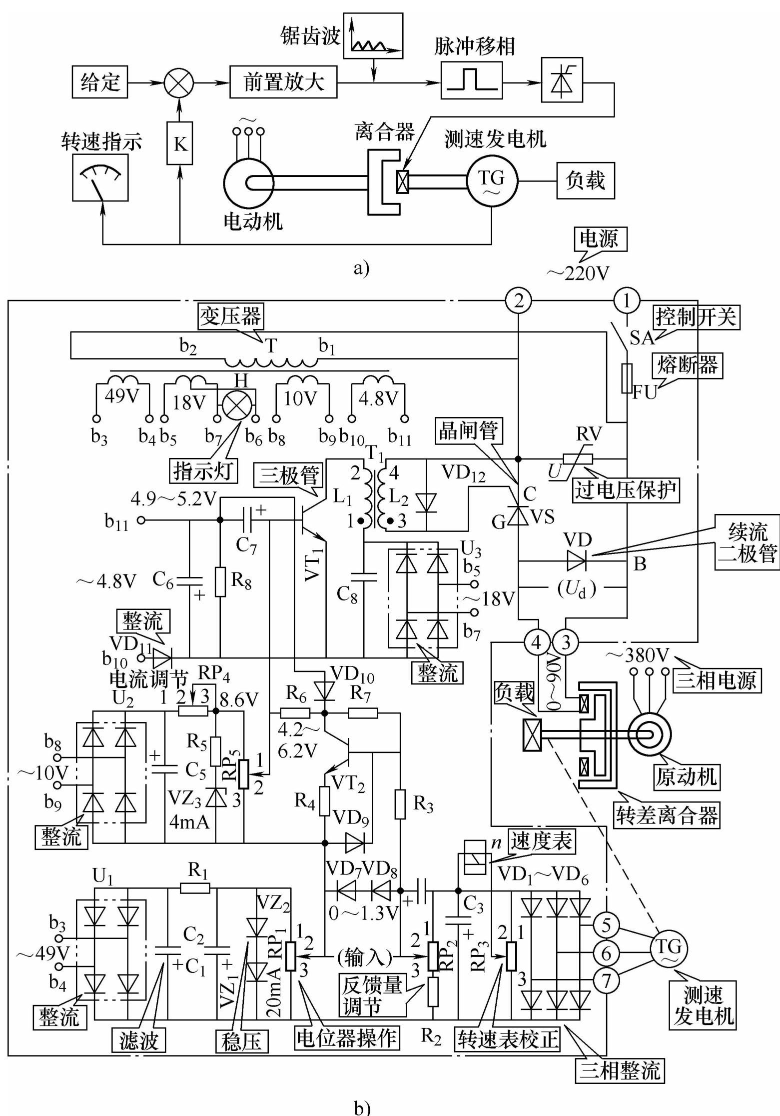


图 5-9　JD1A 型电磁调速控制器的电气原理图

a）框图　b）电路图

最大，并调节“反馈量调节”电位器，使之转速达到电磁调速电动机的最高额定转速（≤5kW 为 1250r/min，≥15kW 为 1320r/min）。

2. JD1A、JD1B 型电磁调速控制器的安装使用和维护

在测试开环工作状况时，7 芯航空插座的 3、4 芯接入负载后，输出才是 0 ~ 90V 的突跳电压，如果不接负载，输出电压可能不在上述范围内。

面板上的反馈量调节电位器应根据所控制的电动机进行适当的调节。反馈量调节过小，会使电动机失控；反馈量调节过大，会使电动机只能低速运行，不能升速。

面板上的转速表校准电位器在校正好后应将其锁定。否则，如果其逆时针转到底，会使转速表不指示。

运行中，若发现电动机输出转速有周期性的摆动，可将 7 芯插头上接到励磁线圈的 3、4 线对调；对 JD1B 型，应调节电路板上的“比例”电位器，使之与机械惯性协调，以达到更进一步的稳定。

3. JD1A、JD1B 型电磁调速控制器的试运行

JD1A、JD1B 型电磁调速控制器应按图 5-10 所示电路正确接线。

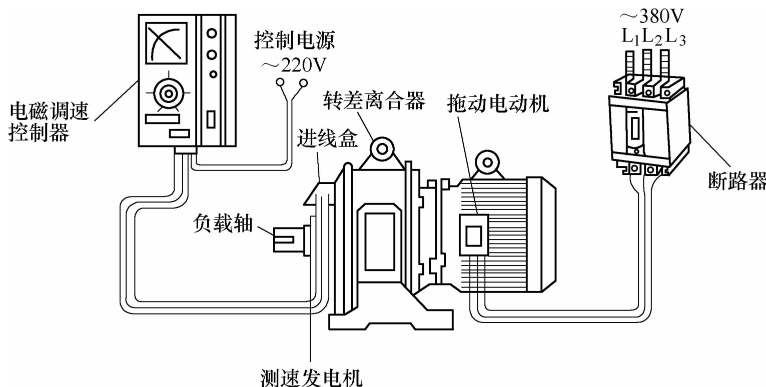


图 5-10　电磁调速控制器与电磁调速电动机的连接

接通电源，合上面板上的主令开关，当转动面板上的转速指令电位器时，用 100V 以上的直流电压表测量面板上的输出量测点应有 0～90V 的突跳电压（因测速负反馈未加入时的开环放大倍数很大），此时认为开环时工作基本正常。

起动交流异步电动机（原动机）使系统闭环工作，此时电动机的输出转速应随面板上转速指令电位器的转动而变化。

4. JD1A 电磁调速控制器应用电路

本电路采用电磁调速控制器来控制转差电动机励磁线圈进行手动速度调节，因电路中加入了速度负反馈，形成闭环控制，从而改变了其机械特性，实现恒转矩拖动。

如图 5-11 所示，下面介绍改进后的强电控制电路。

首先合上主回路过电流保护断路器 QF_1、控制回路过电流保护断路器 QF_2，电路接入三相 380V 交流电源，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机处于停止状态且供电电源正常；同时电磁调速控制器得以 220V 交流电源为控制转

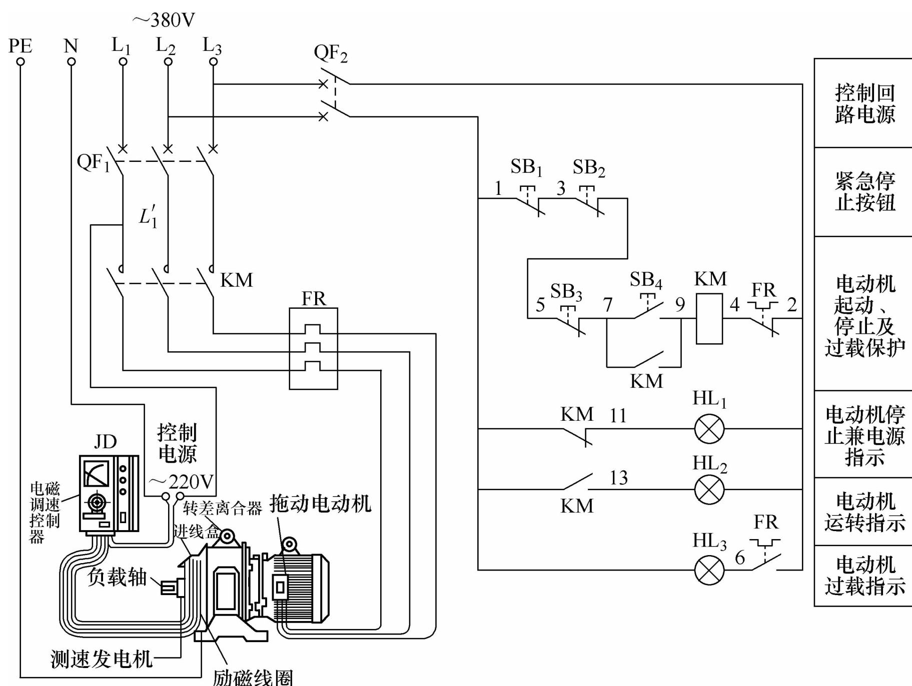


图 5-11　改进后的强电控制电路

差电动机转速做准备。

（1）起动控制

按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，转差电动机得以 380V 三相交流电源而起动运转起来；与此同时，KM 辅助常闭触点（1-11）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。这时，手动调节电磁调速控制器旋钮来改变励磁线圈电压，从而改变其拖动速度。

（2）停止控制

按下停止按钮 SB_3（5-7），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；同时 KM 辅助常开触点（1-13）断开，指示灯 HL_2 灭，KM 辅助常闭触点（1-11）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。

（3）紧急停止控制

为了防止跑步机在使用中出现意外情况，在该设备的两端分别加装了紧急停止按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5）。这样，当跑步机在运转过程中出现意外时，可按动跑步机两端的任何一只紧急按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5）加以处置。此时

SB_1（1-3）或 SB_2（3-5）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。需解除紧急停止时，则需将被按下的紧急停止按钮右旋 90°即可。

（4）过载保护控制及指示

当跑步机电动机出现过载时，其电动机定子电流必然增大，使缠绕在热继电器 FR 双金属片上的电热丝发热，从而造成双金属片弯曲推动其控制常闭触点（2-4）断开，切断了交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到过载保护作用；在 FR 动作的同时，FR 常开触点（2-6）闭合，使指示灯 HL_3 点亮，说明电动机已过载动作了。

需提醒的是，每次起动电动机前需将电磁调速控制器上的速度控制电位器调至最小位置后再进行起动控制。

电路 107　双速电动机自动加速电路

现介绍 2 Y/△双速电动机定子绕组的接线方法。它实际上就是改变极对数来改变电动机的转速。也就是说，其三相定子绕组接成△时为低速，2 Y时为高速。

电动机定子绕组有 6 个出线端，若只给 U_1、V_1、W_1 接三相 380V 电源，而 U_2、V_2、W_2 悬空，此时电动机定子绕组为△联结，如图 5-12a 所示，电动机低速运转。

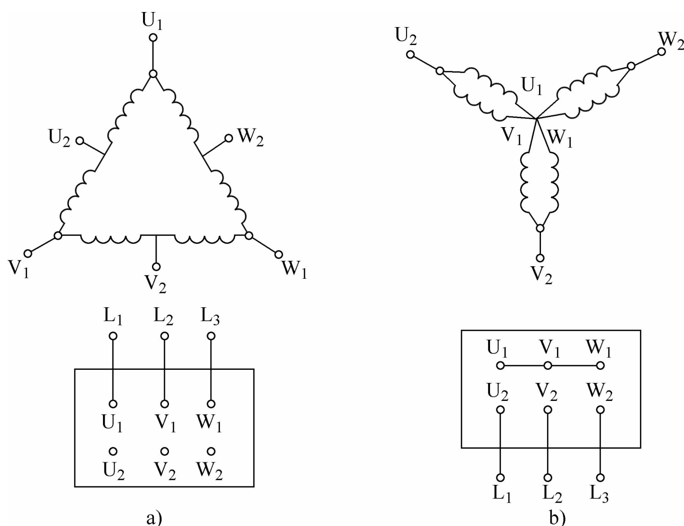


图 5-12　双速电动机定子绕组的连接方式

a）低速△联结（4 极）　b）高速YY联结（2 极）

若只给 U_2、V_2、W_2 接三相 380V 电源，而 U_1、V_1、W_1 人为短接起来（此点称为外接丫点），这时电动机定子绕组接成 2 丫联结，如图 5-12b 所示，电动机高速运转。

图 5-13 所示电路为双速电动机在起动时为低速△联结，再自动加速到高速 2 丫联结的应用电路，它实际上在使用时仅为一个高速，而低速只是高速运行前的一个过渡速度。

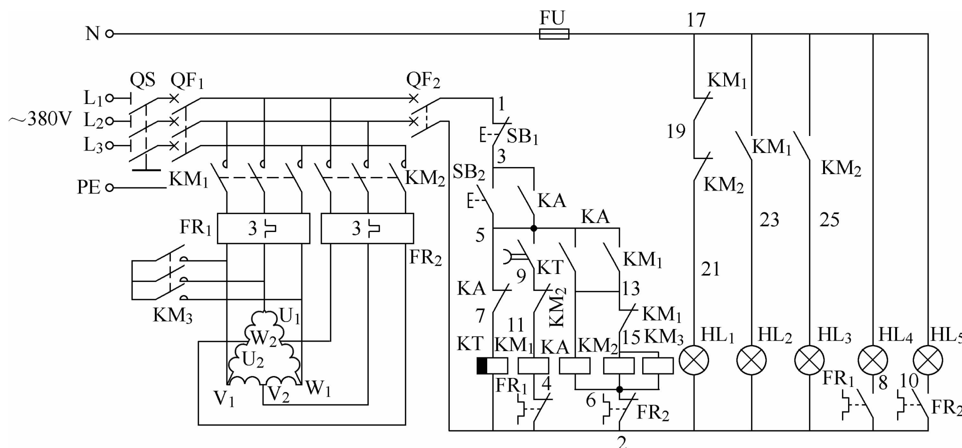


图 5-13 双速电动机自动加速电路

合上负荷开关 QS、断路器 QF_1 和 QF_2，电源指示灯 HL_1 亮，说明电路已有电且处于热备用状态。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（5-9）立即闭合，接通了低速交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 三相主触点闭合，双速电动机连接成△低速起动。此时，KM_1 辅助常闭触点（17-19）断开，辅助常开触点（17-23）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速起动。同时，KM_1 串联在高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路中的辅助常闭触点（13-15）断开，起到互锁作用，并为低速结束后转为高速做准备。同时 KM_1 辅助常开触点（5-13）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且双重自锁（5-13、3-5），KA 串联在 KT 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，KT 线圈断电释放，并开始延时。

经过一段预置时间后，KT 失电延时断开的常开触点（5-9）断开，切断了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电低速起动结束。同时，KM_1 辅助常闭触点（5-13）闭合，高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈得电吸合，KM_2、KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组连接成 2 丫高速运转，此时，指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机已低速起动结束，进

入高速正常运转。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2、KM_3 和中间继电器 KA 线圈均断电释放，KM_2、KM_3 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

当电动机低速起动出现过载时，热继电器 FR_1 动作，FR_1 常开触点（2-4）断开，切断控制回路电源，使其相应主触点断开，电动机失电停止运转；同时 FR_1 常开触点（2-8）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机已低速过载动作了。同样，在电动机高速运行出现过载时，热继电器 FR_2 动作，FR_2 常开触点（2-10）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机已高速过载动作了。

注意：为了保证低速与高速运转方向的一致，在连接主回路时必须将高速电源相序反过来。

电路 108　单相电动机简易调速电路

图 5-14 中，R_1、C_1 为浪涌电压吸收保护电路，防止电动机在换流时双向晶闸管 VS 两端出现的浪涌电压；R_2、RP、C_2 组成脉冲相位控制电路；S 为控制断路器，VD 为双向触发二极管；L 为电感线圈；VS 为双向晶闸管；HL 为电源指示灯。

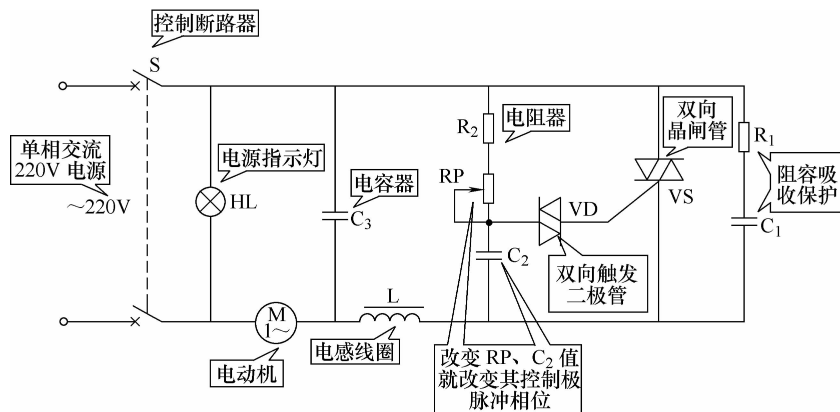


图 5-14　单相电动机简易调速电路

此电路很简单，具体工作原理如下：合上电源断路器 S，电源指示灯 HL 亮，说明电源正常；调节调速电位器 RP，电阻 R_2、RP 向电容 C_2 充电，当 C_2 两端的电压升至触发二极管 VD 的转折电压时，双向触发二极管 VD 导通，此时电容 C_2 放电，双向晶闸管 VS 门极有脉冲电流流过因而被触发导通，双向晶闸管导通角改变，从而控制了电动机转速。

电路 109　双速电动机自动加速控制电路

图 5-15 所示电路为利用转换开关来选择控制双速电动机。当转换开关 SA 置于“Ⅰ”位置时，双速电动机为低速△运转；当转换开关 SA 置于“Ⅱ”位置时，双速电动机先为低速△形运转，经 KT 延时后自动加速到高速 2 Y运转。

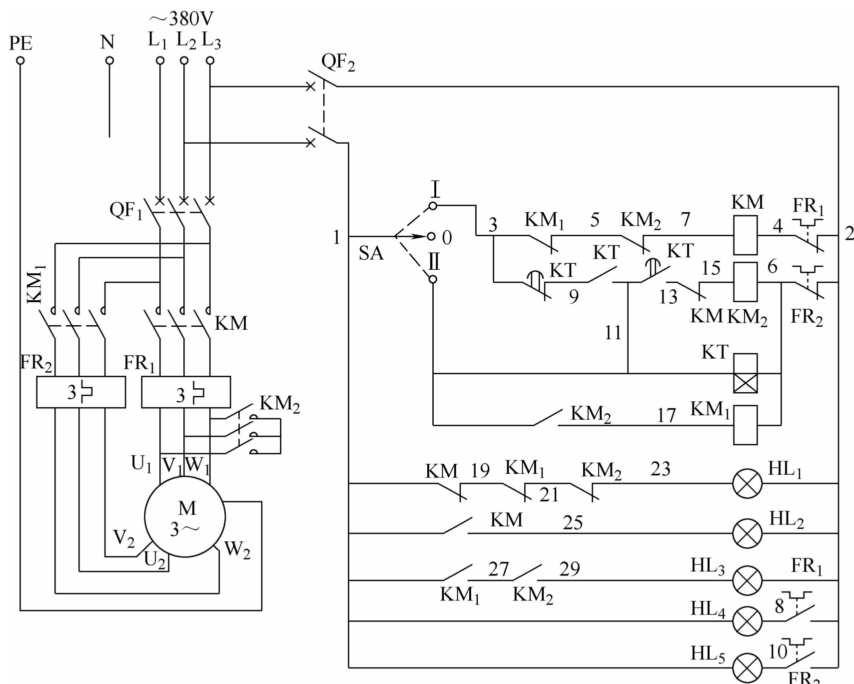


图 5-15　双速电动机自动加速控制电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源兼停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. “Ⅰ”挡低速运转

当转换开关 SA 置于“Ⅰ”位置（1-3）时，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机按△联结与电源连接，三相电源由 U_1、V_1、W_1 接点接入，电动机低速△运转；同时 KM 串联在电源指示灯 HL_1 回路中的常闭触点（1-19）断开，电源指示灯 HL_1 灭，KM 串联在运转指示灯 HL_2 回路中的常开触点（1-25）闭合，低速△指示灯亮。

2. “Ⅱ”挡由低速延时自动加速到高速运转

当转换开关 SA 置于“Ⅱ”挡位置（1-11）时，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，其不延时瞬动常开触点（9-11）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈

电源，交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁，KM 三相主触点闭合，电动机按△联结与电源连接，三相电源由 U_1、V_1、W_1 接点接入，电动机低速△运转；同时 KM 串联在电源指示灯 HL_1 回路的常闭触点（1-19）断开，电源指示灯 HL_1 灭，KM 串联在运转指示灯 HL_2 回路中的常开触点（1-25）闭合，低速△指示灯亮，说明电动机已进入△低速运转。经过 KT 延时后，KT 延时断开的常闭触点（3-9）延时断开，切断了低速交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电退出低速△运转，低速指示灯 HL_2 灭；同时 KT 延时闭合的常开触点（11-13）延时闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的常开触点（11-17）闭合，使交流接触器 KM_1 也得电吸合，KM_1、KM_2 三相主触点均闭合，这样 KM_2 主触点将 U_1、V_1、W_1 短接起来，KM_1 主触点闭合，三相电源由 V_2、U_2、W_2 接点接入，电源反相了，否则电动机低速与高速转向不一致，与绕组内部丫联结并为双丫联结，电动机自动转入 2 丫高速运转；同时 KM_1、KM_2 串联在高速指示灯回路中的常开触点（1-27、27-29）闭合，高速指示灯 HL_3 亮，说明电动机已转为高速运转了。

电路中指示灯 HL_4 为低速过载指示灯，当低速过载时，热继电器 FR_1 动作，其常闭触点（2-4）断开，切断了低速控制回路电源，使 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时 FR_1 常开触点（2-8）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机低速过载了。电路中指示灯 HL_5 为高速过载指示灯，当高速过载时，热继电器 FR_2 动作，其常闭触点（2-6）断开，切断了高速控制回路电源，使 KM_1、KM_2、KT 线圈均断电释放，KM_1、KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时 FR_2 常开触点（2-10）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机高速过载了。

电路 110　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路

图 5-16 所示电路是用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路，它的特点是可任意改变其运转速度，即也可以先用低速，再手动加速到高速；也可以先用高速，再手动减速到低速；也可以直接用低速；也可以直接用高速。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已处于停止运转状态且电路有电。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2，其一组常闭触点（3-13）断开，切断高速控制交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路电源，起到停止高速及按钮互锁作用；其另一组常开触点（5-7）闭合，低速交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 并联在低速起动按钮 SB_2 两端的辅助常开触点(5-7)闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电

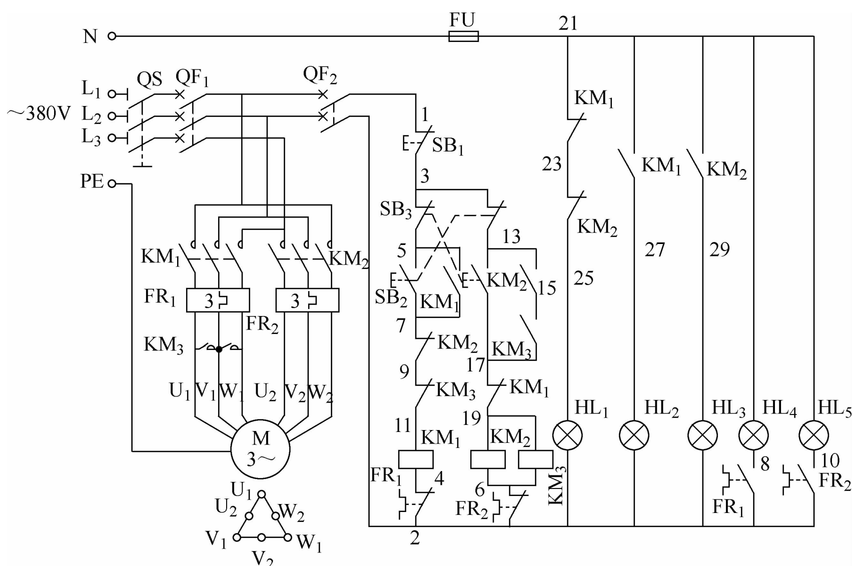


图 5-16　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路

为△低速起动运转；同时指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速运转了。

2. 高速起动

直接按下高速起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断低速控制交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机低速△运转停止，起到停止作用；同时 SB_3 另一组常开触点（13-17）闭合，高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈得电吸合，KM_2、KM_3 并联在高速起动按钮 SB_3 两端的辅助常开触点（13-15、15-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，接通高速绕组电源，KM_3 三相主触点闭合，这样电动机为 2 丫高速起动运转；同时指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机已高速运转了。

图 5-16 中，指示灯 HL_1 为电动机停止兼电源指示；HL_2 为电动机低速运转指示；HL_3 为电动机高速运转指示；HL_4 为电动机低速过载指示；HL_5 为电动机高速过载指示。当电动机过载时，相应的过载指示灯应点亮，说明电动机是哪个速度出现过载了。

电路 111　△/△双速电动机手动控制电路

如图 5-17 所示，△/△双速电动机定子绕组引出端有 9 根线。

1. 第一种△接线

将引出端 U_2、U_3 短接后接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_2、V_3 短接后接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_2、W_3 短接后接到三相交流电源

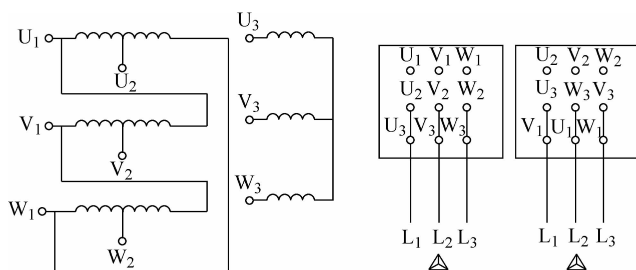


图 5-17　△/△双速电动机定子绕组端子图

的 L_3 相上，余下的 U_1、V_1、W_1 悬空不接，电动机定子绕组为一种△接法。

2. 第二种△接线

将引出端 V_1、U_3 短接后接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 U_1、W_3 短接后接到三相交流电源的 L_2 相上，将 W_1、W_3 短接后接到三相交流电源的 L_3 相上，余下的 U_2、V_2、W_2 悬空不接，电动机定子绕组为另一种△接法。

对于△/△双速电动机手动控制电路，实际上很简单，只要搞清楚第一种△联结和第二种△联结方式就可以加以控制了。也就是说，利用交流接触器 KM_1 将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机定子绕组引出端 U_3、V_3、W_3 上，然后再利用交流接触器 KM_2 的三相主触点分别短接 U_3、U_2，V_3、V_2，W_3、W_2 即可，这样，可将交流接触器 KM_1、KM_2 两只线圈并联工作，来控制第一种△联结，也就是第一种速度控制；另外再利用交流接触器 KM_3 将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机定子绕组引出端 U_3、W_3、V_3 上（注意电源倒相了），然后再利用交流接触器 KM_4 的三相主触点分别短接 V_1、U_3，U_1、W_3，W_1、V_3 即可，这样，可将交流接触器 KM_3、KM_2 两只线圈并联工作，来控制第二种△联结，也就是第二种速度控制。

通过以上分析，现给出简单实用的△/△双速电动机手动控制电路，并对工作原理加以叙述，如图 5-18 所示。

合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼电动机停止指示灯 HL_3 亮，说明电源正常。

1. 第一种速度△起动控制

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一对常闭触点（3-15）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_4 线圈回路电源，使其不能工作，起到按钮常闭触点互锁作用；SB_2 的一对常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1、KM_2 线圈电源和指示灯 HL_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合且 KM_1、KM_2 辅助常开触点（5-13、7-13）闭合自锁，指示灯 HL_1 亮，KM_1 三相主触点闭合，将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机引出端 U_3、V_3、W_3 上，KM_2 三相主触点闭合，将电动机引出端 U_3、U_2，V_3、V_2，W_3、W_2 分接短接，此时电动机绕组被连接成第一种△，电动

机得电以第一种速度起动运转。同时 KM_1、KM_2 辅助常闭触点（1-25、25-27）断开，指示灯 HL_3 灭，由于在交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电的同时，指示灯 HL_1 就被点亮，说明电动机按第一种△联结速度运转了。

2. 第二种速度△起动控制

按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一对常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源，使 KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点断开，解除对电动机的供电及对各引出端的短接；SB_3 的一对常开触点（15-17）闭合，接通交流接触器 KM_3、KM_4 线圈电源和指示灯 HL_2，交流接触器 KM_3、KM_4 线圈得电吸合且 KM_3、KM_4 辅助常开触点（15-23、17-23）闭合自锁，指示灯 HL_2 亮，KM_3 三相主触点闭合，将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机引出端 U_3、W_3、V_3 上（注意，电源相序倒相了），KM_4 三相主触点闭合，将电动机引出端 V_1、U_3，U_1、W_3，W_1、V_3 分别短接，此时电动机绕组被连接成第二种△，电动机得电以第二种速度起动运转。同时 KM_3、KM_4 辅助常闭触点（27-29、29-31）断开，指示灯 HL_3 灭，由于在交流接触器 KM_3、KM_4 线圈得电的同时，指示灯 HL_3 就被点亮，说明电动机按第二种△联结速度运转了。

停止时，只需按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

图 5-18 中，HL_1 为电动机第一种速度运转指示；HL_2 为电动机第二种速度运转指示；HL_3 为电动机停止兼电源指示；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载时此灯被点亮。

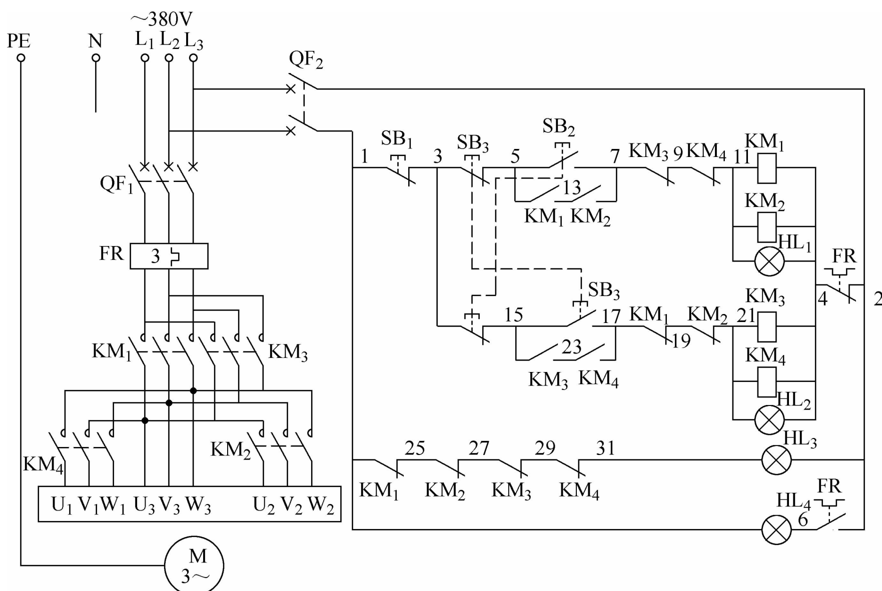


图 5-18 △/△双速电动机手动控制电路

电路 112　2△/Y双速电动机（早期产品）控制电路

2△/Y双速电动机定子绕组的连接方式如图 5-19 所示。

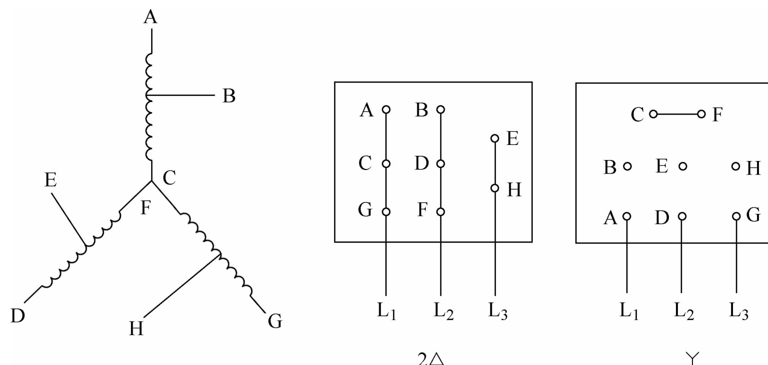


图 5-19　2△/Y双速电动机定子绕组的连接方式

2△/Y双速电动机控制电路如图 5-20 所示。

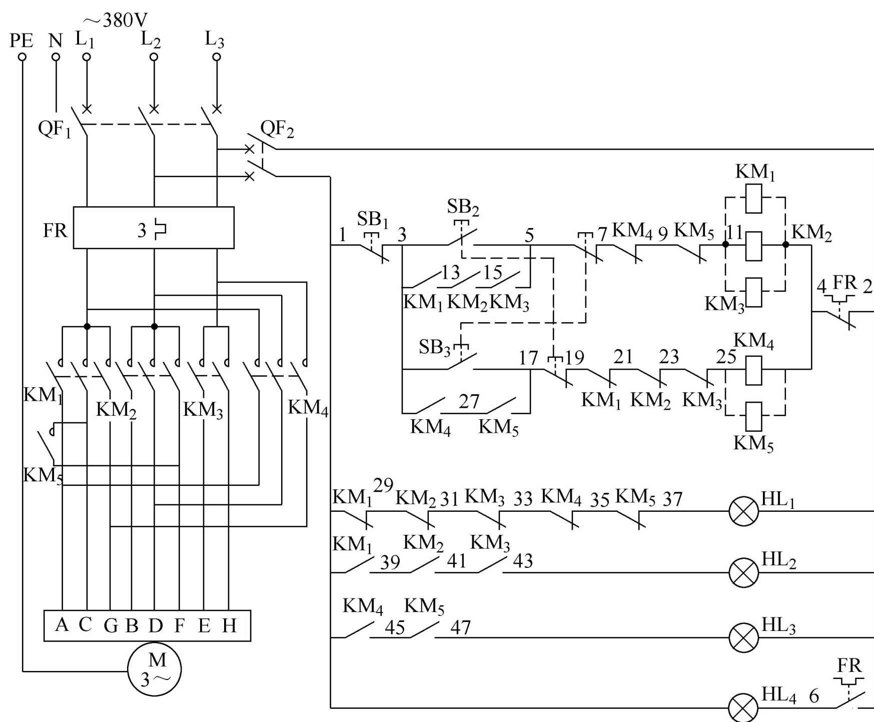


图 5-20　2△/Y双速电动机控制电路

合上断路器 QF_1，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已处于停止状态且电路有电。

低速起动时，按下低速起动按钮 SB_2，SB_2 的一对常闭触点（17-19）断开，起到互锁作用；SB_2 的另一对常开触点（3-5）闭合，接通低速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈电源，KM_1、KM_2、KM_3 三对辅助常开触点（3-13、13-15、5-15）闭合自锁，KM_1、KM_2、KM_3 各自的三相主触点闭合，其中 KM_1 三相主触点将电动机引出线 A、C、G 接至电源 L_1 上，KM_2 三相主触点将电动机引出线 B、D、F 接至电源 L_2 上，KM_3 三相主触点将电动机引出线 E、H 接至电源 L_3 上，电动机绕组通以三相交流电源接成 2△，低速起动运转。同时 KM_1、KM_2、KM_3 串联在高速交流接触器 KM_4、KM_5 线圈回路中的常闭触点（19-21、21-23、23-25）断开，起到互锁作用；KM_1、KM_2、KM_3 的另一对辅助常闭触点（1-29、29-31、31-33）断开，电源停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2、KM_3 的另一对辅助常开触点（1-39、39-41、41-43）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已低速起动运转了。

高速起动时，则按下高速起动按钮 SB_3，SB_3 的一对常闭触点（5-7）断开，切断低速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈电源，KM_1、KM_2、KM_3 三相主触点全部断开，电动机低速停止运转。与此同时，SB_3 的一对常开触点（3-17）闭合，接通高速交流接触器 KM_4、KM_5 线圈电源，KM_4、KM_5 两对辅助常开触点（3-27、17-27）闭合自锁，KM_4、KM_5 辅助常闭触点断开，起到互锁作用，KM_4、KM_5 各自的三相主触点闭合，其中 KM_4 三相主触点将电动机引出线 A、D、G 分别连接至三相电源的 L_1、L_2、L_3 上，KM_5 主触点将电动机引出线 C、F 短接起来，电动机绕组通以三相交流电源接成丫形高速运转。同时 KM_4、KM_5 辅助常开触点（1-45、45-47）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机转入高速起动运转了。

图 5-20 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机低速运转指示灯；HL_3 为电动机高速运转指示灯；HL_4 为过载指示灯，当电动机过载时此灯被点亮。

第 6 章

用延时头配合交流接触器实现的控制电路

电路 113　得电延时头配合接触器控制频敏变阻器起动电路

得电延时头配合接触器控制频敏变阻器起动电路如图 6-1 所示。起动时，按

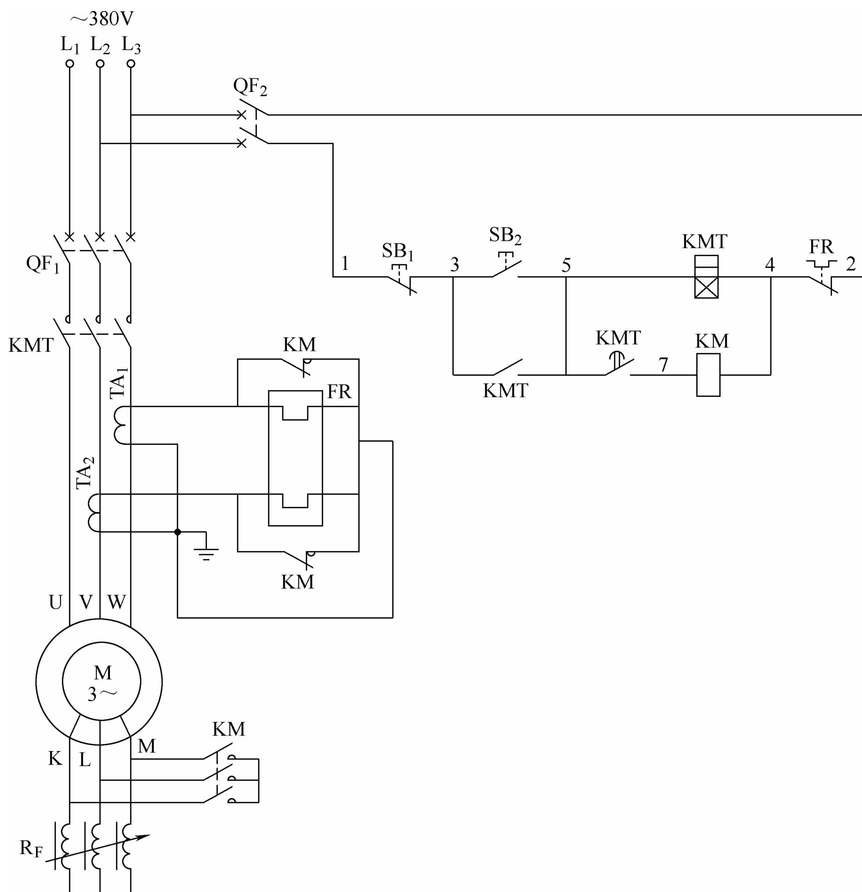


图 6-1　得电延时头配合接触器控制频敏变阻器起动电路

下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 三相主触点闭合，绕线转子电动机得电串频敏变阻器 R_F 进行起动。与此同时，KMT 开始延时。

当电动机转速升至额定转速时，也就是 KMT 的延时结束时间，KMT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，将转子起动用频敏变阻器 R_F 短接起来，绕线转子电动机得以全压正常运转。在 KM 线圈得电吸合后，KM 的两组分别并联在过载保护热继电器 FR 热元件上的辅助常闭触点均断开，使 FR 投入电路中起过载保护作用。

电路 114　得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（一）

得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（一）如图 6-2 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 开始延时，KMT 三相主触点闭合，电动机得电重载起动运转。由于电动机重载起动时间长，起动电流大，很容易造成过载保护热继电器 FR 出现过载动作，导致起动失败。从电路图上看，此时热继电器 FR 的两组热元件均被中间继电器 KA 的两组常闭触点短接起来，所以在

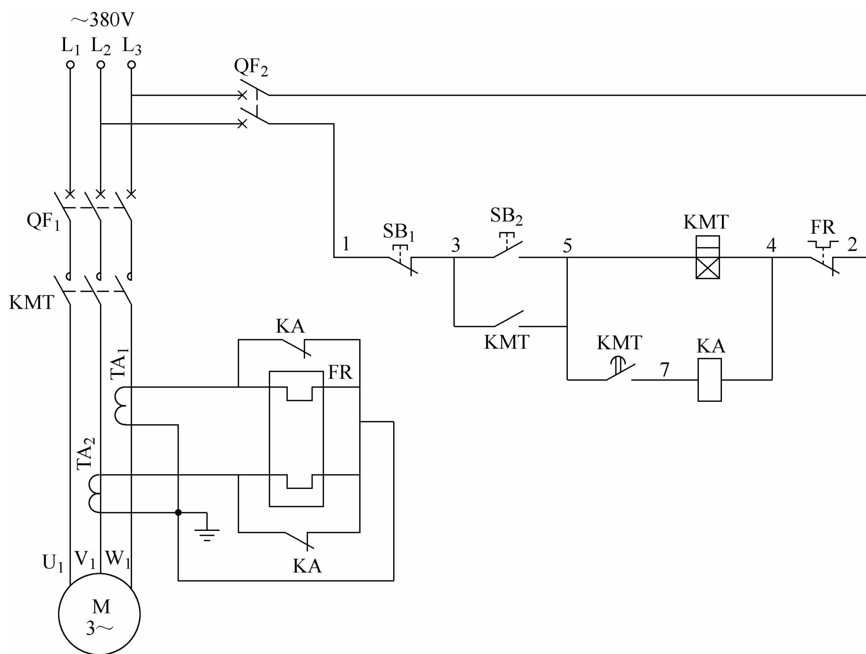


图 6-2　得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（一）

起动时，热继电器 FR 热元件不会动作。待电动机起动完毕，电动机的工作电流小于额定电流后，也就是 KMT 的延时设定时间结束，KMT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈的回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 并联在热元件 FR 上的两组常闭触点断开，解除对热元件 FR 的短接作用，使热继电器 FR 投入电路起到保护作用。

电路 115 得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（二）

得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（二）如图 6-3 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 和交流接触器 KM 线圈均得电吸合，且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 开始延时。与此同时，KMT、KM 各自的三相主触点均闭合，电动机实际上是接入无过载保护的直通三相 380V 交流电源进行重载起动。随着电动机转速的升高，接近额定转速时，电动机的工作电流小于额定电流，也就是 KMT 的设定延时时间结束，KMT 得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，解除直通电源以及对热继电器热元件 FR 的短接作用，热继电器 FR 投入电路中工作。这样在起动结束后将热

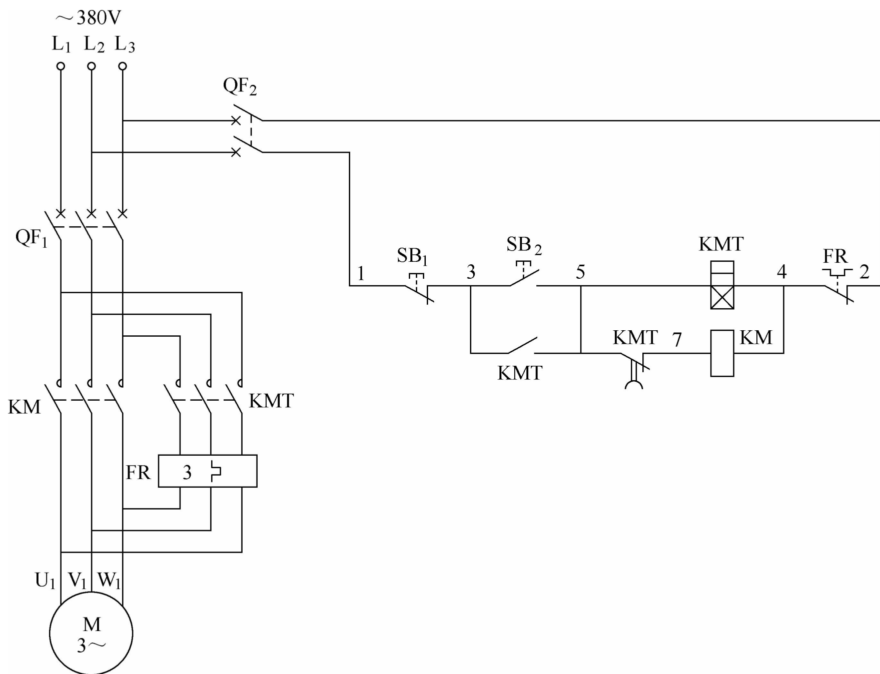


图 6-3 得电延时头配合接触器完成重载起动控制电路（二）

继电器 FR 投入到电路中，一是可避免热继电器在起动时出现误动作，二是当电动机起动完毕后转为正常运转时，倘若出现电动机过载情况，热继电器 FR 的热元件会发热弯曲，推动控制触点（2-4）动作断开，切断 KMT 线圈的回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到过载保护作用。

电路 116　得电延时头配合接触器控制电抗器减压起动电路

得电延时头配合接触器控制电抗器减压起动电路如图 6-4 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时，KMT 开始延时，KMT 三相主触点闭合，电动机串电抗器 L 进行减压起动。经过 KMT 一段延时后，电动机的转速升至接近额定转速，KMT 得电延时闭合的常开触点（3-9）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM 辅助常闭触点（5-7）断开，切断了 KMT 线圈的回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 三相主触点断开，切断减压起动电抗器 *L* 的电源；与此同时，KM 三相主触点闭合，电动机得电全压运转。

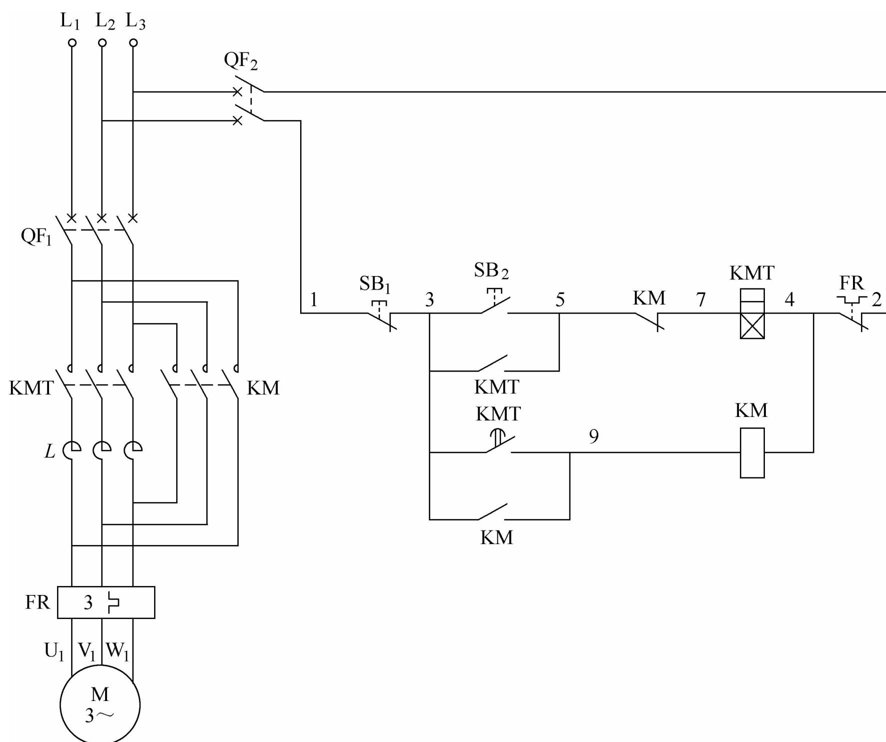


图 6-4　得电延时头配合接触器控制电抗器减压起动电路

电路 117　得电延时头配合接触器完成延边三角形减压起动控制电路

得电延时头配合接触器完成延边三角形减压起动控制电路如图 6-5 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 和交流接触器 KM_1 线圈均得电吸合，且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 开始延时。KM_1 辅助常闭触点（11-13）断开，起互锁保护作用。此时，KMT 和 KM_1 各自的三相主触点闭合，电动机绕组连接成延边三角形进行减压起动。当电动机的转速逐渐升高后，也就是 KMT 的延时时间结束，KMT 得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，解除电动机绕组延边三角形联结，同时 KMT 得电延时闭合的常开触点（5-11）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组接成三角形正常运转。

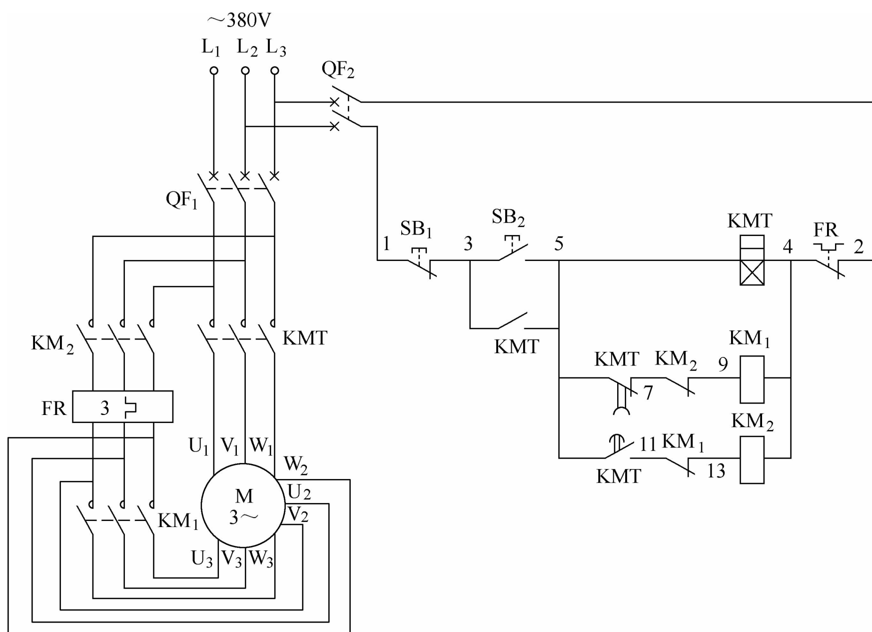


图 6-5　得电延时头配合接触器完成延边三角形减压起动控制电路

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），带得电延时头的交流接触器 KMT 和交流接触器 KM_2 线圈均断电释放，KMT 和 KM_2 各自的三相主触点均断开，电动机失电停止运转。

电路 118　得电延时头配合接触器完成双速电动机自动加速控制电路

得电延时头配合接触器完成双速电动机自动加速控制电路如图 6-6 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 辅助常闭触点（13-15）断开，起互锁作用；KMT 三相主触点闭合，电动机绕组接成△低速运转。在 KMT 线圈得电吸合后，KMT 开始延时。经 KMT 一段时间延时后，KMT 得电延时闭合的常开触点（3-13）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-13）闭合自锁，KA 常闭触点（5-7）断开，切断了 KMT 线圈的回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 三相主触点断开，电动机绕组△联结解除，电动机低速运转停止；与此同时，交流接触器 KM_1 和 KM_2 线圈均得电吸合，KM_1 和 KM_2 各自的辅助常闭触点（7-9、9-11）断开，起互锁作用；KM_1、KM_2 各自的三相主触点闭合，电动机绕组接成 2 丫，电动机由低速自动加速到高速运转。

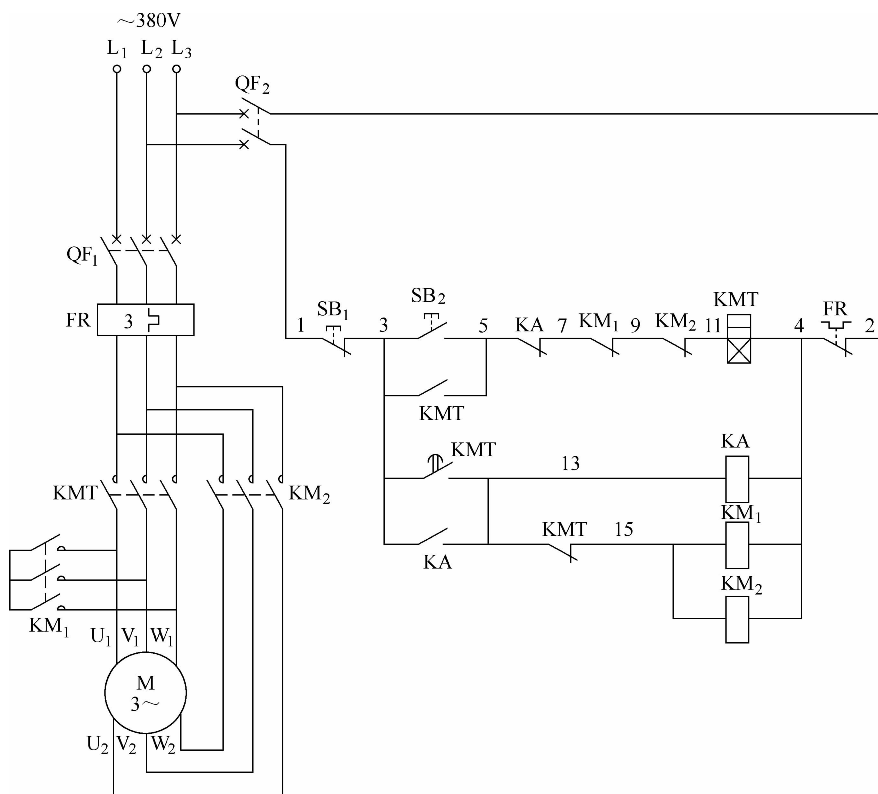


图 6-6　得电延时头配合接触器完成双速电动机自动加速控制电路

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 和 KM_2 线圈断电释放，KM_1 和 KM_2 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 119　得电延时头配合接触器式继电器完成开机预警控制电路

得电延时头配合中间继电器完成开机预警控制电路如图 6-7 所示。开机时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的接触器式继电器 KAT 线圈得电吸合且 KAT 常开触点（3-5）闭合自锁，KAT 开始延时。此时，预警电铃 HA 响，预警灯 HL 亮，以告知此机正在进行开机。经过 KAT 一段时间延时后，KAT 得电延时闭合的常开触点（3-9）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。与此同时，KM 串联在 KAT 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，切断了 KAT 线圈的回路电源，KAT 线圈断电释放，KAT 所有触点恢复原始状态，预警电铃 HA 停止鸣响，预警灯 HL 熄灭。

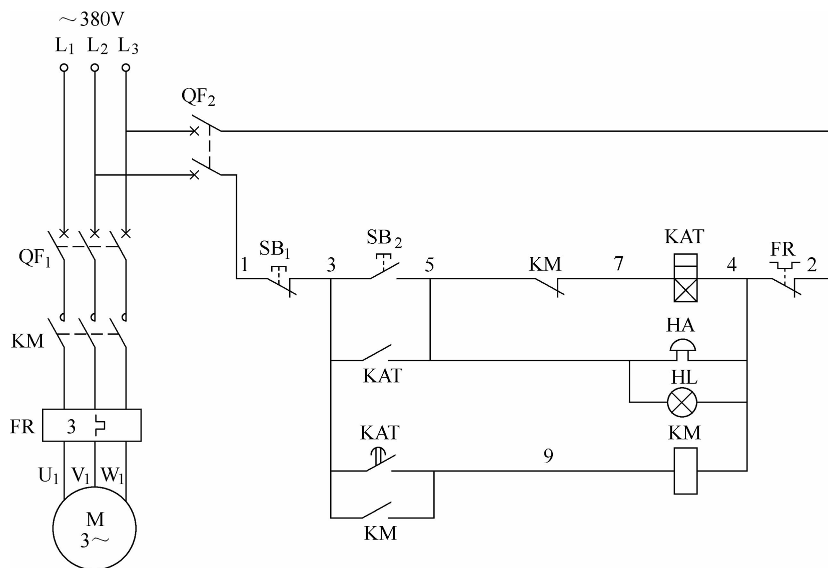


图 6-7　得电延时头配合接触器式继电完成开机预警控制电路

停机时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 120　得电延时头配合接触器完成自耦减压起动控制电路

得电延时头配合接触器完成自耦减压起动控制电路如图 6-8 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 和交流接触器 KM_1

线圈均得电吸合，且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 开始延时。同时 KMT 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（13-15）和 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（15-17）均断开，起到互锁保护作用。与此同时，KMT、KM_1 各自的三相主触点均闭合，电动机绕组串入自耦变压器 TM 进行减压起动。随着电动机转速的逐渐升高，也就是 KMT 的延时结束时间，KMT 得电延时闭合的常开触点（3-11）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈的回路电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-11）闭合自锁。首先，KA 串联在 KMT 和 KM_1 的线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了 KMT 和 KM_1 线圈的回路电源，KMT 和 KM_1 线圈断电释放，KMT 和 KM_1 各自的三相主触点断开，切除起动用自耦变压器 TM；同时 KA 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的常开触点（3-13）闭合，接通了 KM_2 的线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电全压正常运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），中间继电器 KA 和交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

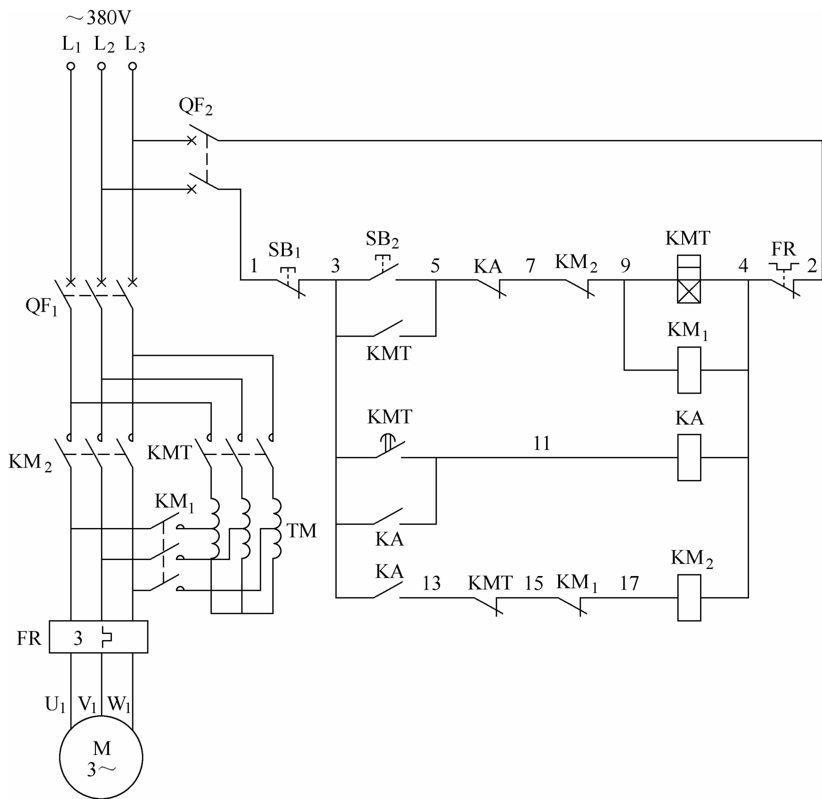


图 6-8　得电延时头配合接触器完成自耦减压起动控制电路

第 7 章

电动机制动控制电路

电路 121　改进的电磁制动器制动电路

图 7-1 所示为改进的电磁制动器制动电路。

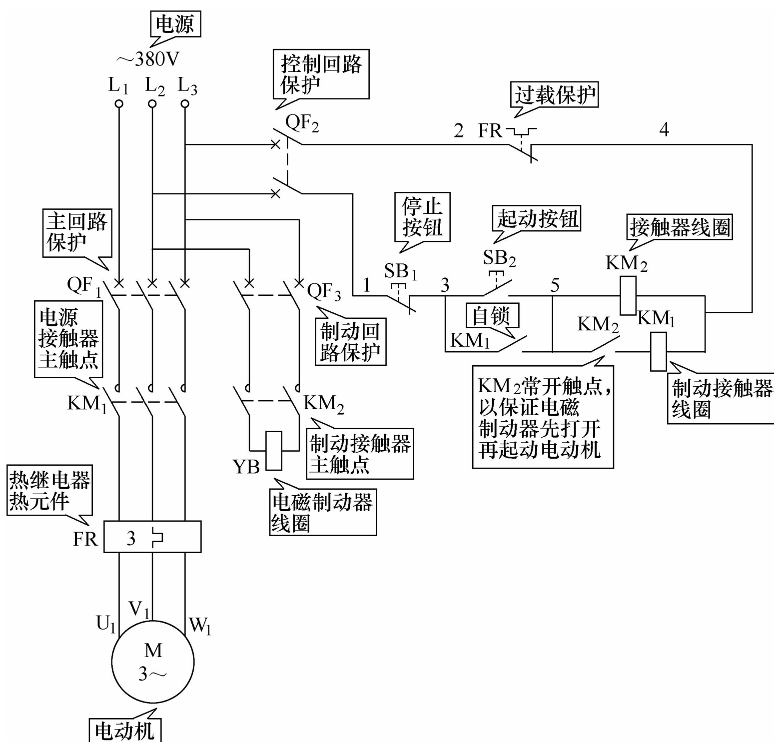


图 7-1　改进的电磁制动器制动电路

众所周知，通常出厂配套的电磁制动器直接将制动器制动线圈并联在电动机供电回路中，这种设计方案存在一个缺点，就是在电动机刚通电瞬间存在堵转运行，会造成电路保护装置动作或运转不正常。采用改进的电磁制动器制动电路即

可解决上述问题。

在起动时按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电磁制动器线圈 YB 先获电，制动瓦先松开制动轮，由于 KM_2 辅助常开触点的闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

停止制动时，则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，电动机失电同时在制动器制动瓦的作用下迅速制动。

电路 122　单管整流能耗制动控制电路

单管整流能耗制动控制电路如图 7-2 所示。

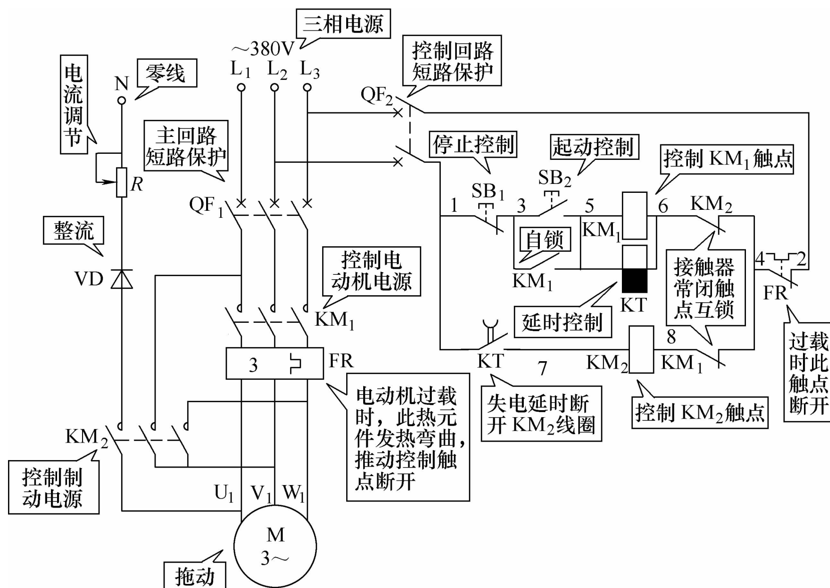


图 7-2　单管整流能耗制动控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 和失电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁。需提醒的是，在 KM_1 线圈得电吸合时，KM_1 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-8）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_1、KT 线圈得电吸合自锁后，KT 失电延时断开的常开触点（1-7）也立即闭合，为停止时进行能耗制动做好准备；与此同时，

KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动设备运转。

2. 制动

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈均断电释放，KT 开始延时，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组失电仍靠惯性继续转动；与此同时，KM_1 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-8）恢复常闭状态，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将制动直流电源通入电动机绕组内，使其产生一制动静止磁场，让电动机立即停止下来，从而完成能耗制动工作，经 KT 延时后（其延时时间可根据实际情况而定，通常为 1 ~ 3s），KT 失电延时断开的常开触点（1-7）恢复常开状态，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点断开，切除制动直流电源。至此，能耗制动结束。

电路 123　全波整流单向能耗制动控制电路

全波整流单向能耗制动控制电路如图 7-3 所示。

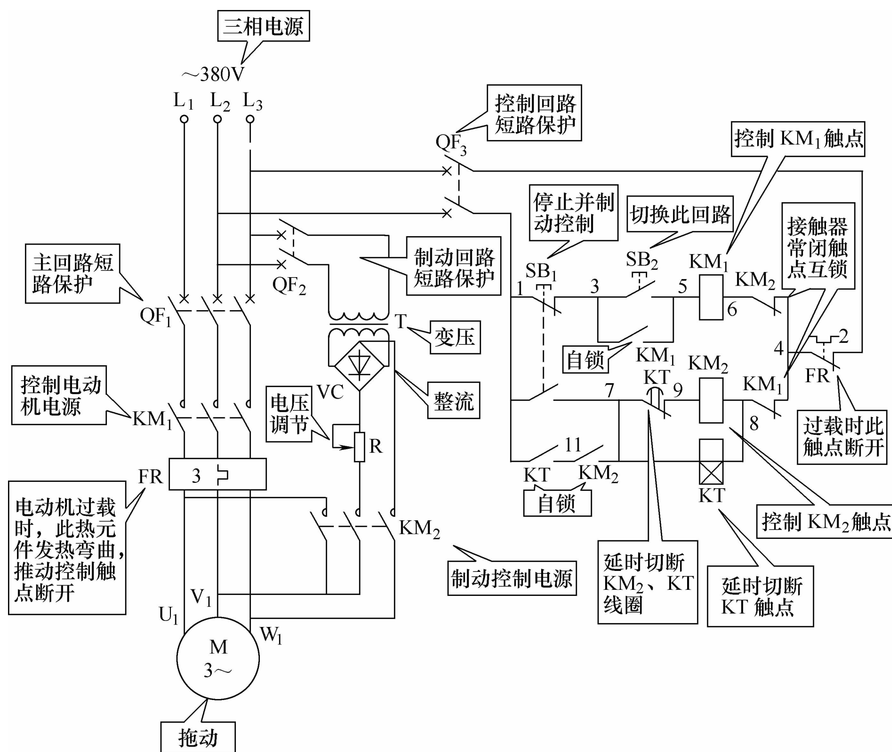


图 7-3　全波整流单向能耗制动控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、制动回路断路器 QF_2、控制回路断路器 QF_3，为电路工作提供准备条件。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

欲自由停车，则轻轻按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，使交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停车状态，也就是电动机虽然失电但仍在惯性的作用下逐渐缓慢地停止下来。

若需制动停车，则将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停车状态；同时，SB_1 的另一组常开触点（1-7）闭合，交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈同时得电吸合，同时 KM_2 辅助常开触点（7-11）和 KT 不延时瞬动常开触点（1-11）共同闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，接通通入电动机绕组内的直流电源，电动机在直流电源的作用下产生静止制动磁场使电动机快速停止下来。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9-11）断开，自动切断制动控制回路电源，电动机制动过程结束。

电路 124　双向运转反接制动控制电路

双向运转反接制动控制电路如图 7-4 所示。

1. 正转运转反接制动

当电动机正转起动运转后，其速度大于 120r/min 时，速度继电器 KS 动作，KS 的一组常开触点 KS_2（11-13）闭合，为正转运转反接制动做准备。制动时，按下停止按钮 SB_1，其一组常闭触点（1-3）断开，使正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电，但仍靠惯性继续正转转动；与此同时，SB_1 的另一组常开触点（1-17）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（1-11）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（1-19）闭合，与已闭合的 KA 常开触点（17-19）共同自锁 KA 线圈回路，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。电动机由原来的正转惯性运转立刻改变为反转运转后，转速骤降；当电动机转速小于 100r/min 时，速度继电器 KS 复位，KS_2 常开触点（11-13）断开，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，通入电动机绕组内的制动用反转电源解除，电动机失电，正转运转反接制动结束。同时，KA 线圈也断电释放，其所有触点恢复原始状态。

2. 反转运转反接制动

当电动机反转起动运转后，其速度大于 120r/min 时，速度继电器 KS 动作，KS 的一组常开触点 KS_1（7-11）闭合，为反转运转反接制动做准备。制动时，

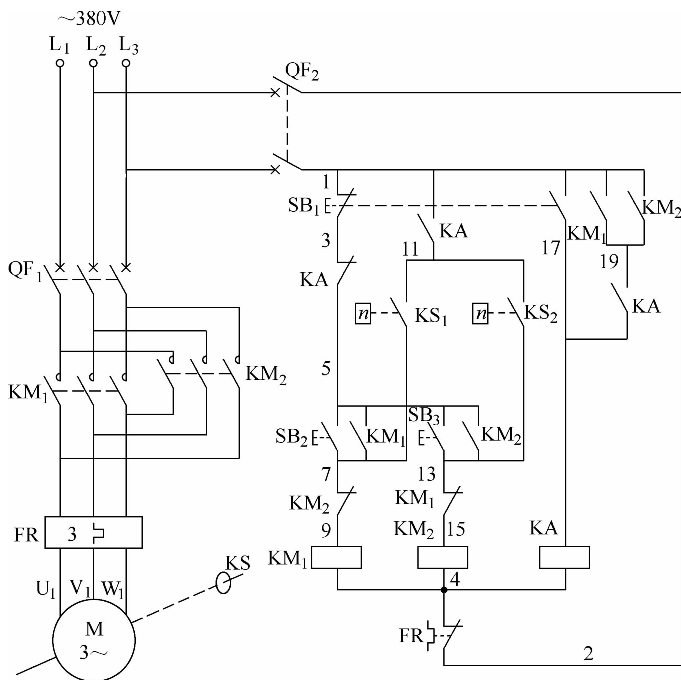


图 7-4　双向运转反接制动控制电路

按下停止按钮 SB_1，其一组常闭触点（1-3）断开，使反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电，但仍靠惯性继续反转转动；与此同时，SB_1 的另一组常开触点（1-17）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（1-11）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，与已闭合的 KA 常开触点（17-19）共同自锁 KA 线圈回路，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，电动机由原来的反转惯性运转立刻改变为正转运转后，转速骤降；当电动机转速小于 100r/min 时，速度继电器 KS 复位，KS_1 常开触点（7-11）断开，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，通入电动机绕组内的制动用正转电源解除，电动机失电，反转运转反接制动结束。同时，KA 线圈也断电释放，其所有触点恢复原始状态。

综上所述，不难看出，所谓的反接制动，就是电动机失去工作电源后，再立即向电动机绕组内施加相反转向的电源，使其迅速制动停止。

电路 125　单管能耗制动控制电路

单管能耗制动控制电路如图 7-5 所示。

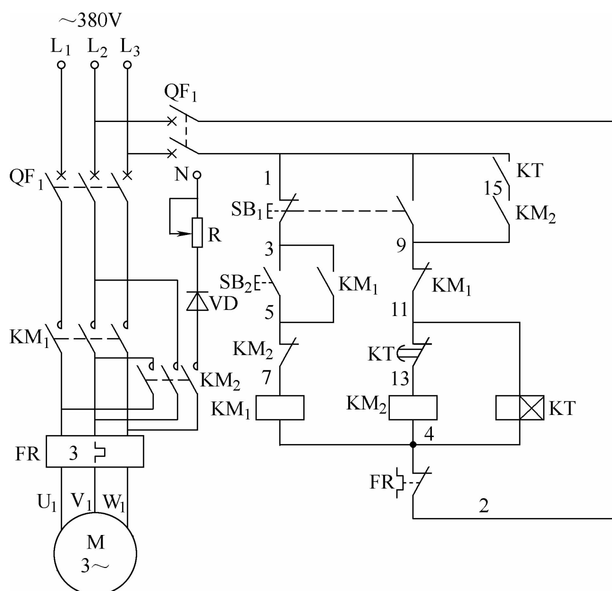


图 7-5　单管能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，其常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

制动时，将停止按钮 SB_1 按到底，其常闭触点（1-3）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 辅助常开触点（3-5）断开，解除自锁；KM_1 三相主触点断开，电动机失电，但仍靠惯性继续转动。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（9-11）闭合，恢复原始状态，解除互锁作用。在按下停止按钮 SB_1 的同时，其常开触点（1-9）闭合，接通交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_2 和 KT 线圈得电吸合且 KT 开始延时。KM_2 辅助常开触点（9-15）与 KT 不延时瞬动常开触点（1-15）闭合串联形成自锁回路；KM_2 辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁作用；KM_2 三相主触点闭合，接通能耗制动直流电源，使直流电源通入电动机绕组中产生一静止磁场，电动机被制动而迅速停止。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（11-13）断开，切断 KM_2 和 KT 线圈回路电源，KM_2 和 KT 线圈断电释放，KM_2 辅助常开触点（9-15）和 KT 不延时瞬动常开触点（1-15）均断开，解除自锁；KM_2 三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流电源，能耗制动结束。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（5-7）闭合，解除自锁；KT 得电延时断开的常闭触点（11-13）闭合，恢复原始状态。

电路 126　能耗制动控制电路

本电路巧妙之处是利用电容器 C 作为延时元件，将制动回路延时切除，如图 7-6 所示。

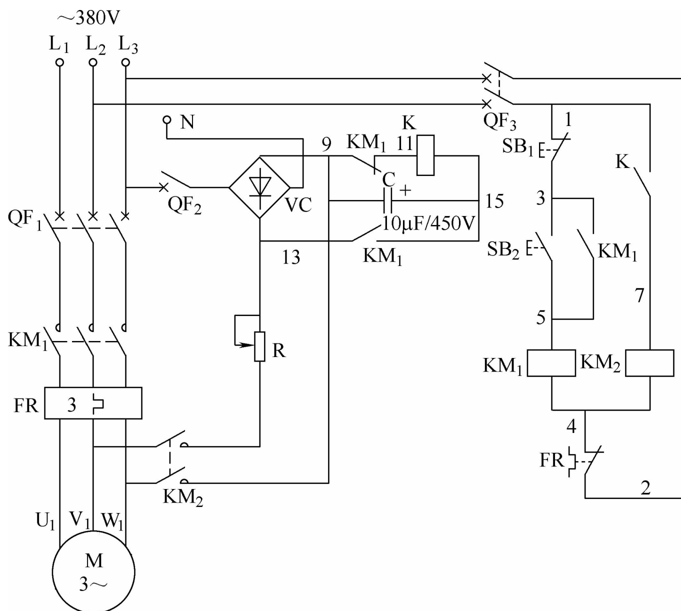


图 7-6　能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，切断小型灵敏继电器 K 线圈回路电源，KM_1 辅助常开触点(13-15)闭合，接通电容器 C 电源，给电容器 C 充电，为制动时延时切除制动控制回路做准备。此时 KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

制动时，按下停止按钮 SB_1（1-3），切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动。在 KM_1 线圈断电释放时，KM_1 辅助常开触点（3-5）断开，解除自锁；KM_1 辅助常开触点（13-15）断开，不再给电容器 C 充电；KM_1 辅助常闭触点（9-11）闭合，接通小型灵敏继电器 K 线圈回路，K 线圈回路与电容器 C 形成回路，C 开始对 K 线圈进行放电。与此同时，K 常开触点（1-7）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将能耗制动直流电源通入电动机绕组中，使其产生一静止磁场，电动机转速骤降，起到能耗制动作用。经一段时间后（1 ~ 2s），电容器 C 电量放尽，K 线圈断电释放，K 常开触点（1-7）断开，切断 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，

解除通入电动机绕组内的能耗制动电源，电动机能耗制动结束。

电路 127　单向运转反接制动控制电路

本电路为单向运转反接制动控制电路，如图 7-7 所示。电动机在断电后由于惯性的存在仍会继续转动一会儿，为了消除惯性，实现快速制动，采用速度继电器 KS 来进行反接制动控制。也就是说，当电动机电源解除后，短时间内（1 ~ 2s）给电动机再施加一反转电源，使电动机转速骤降，完成反接制动。

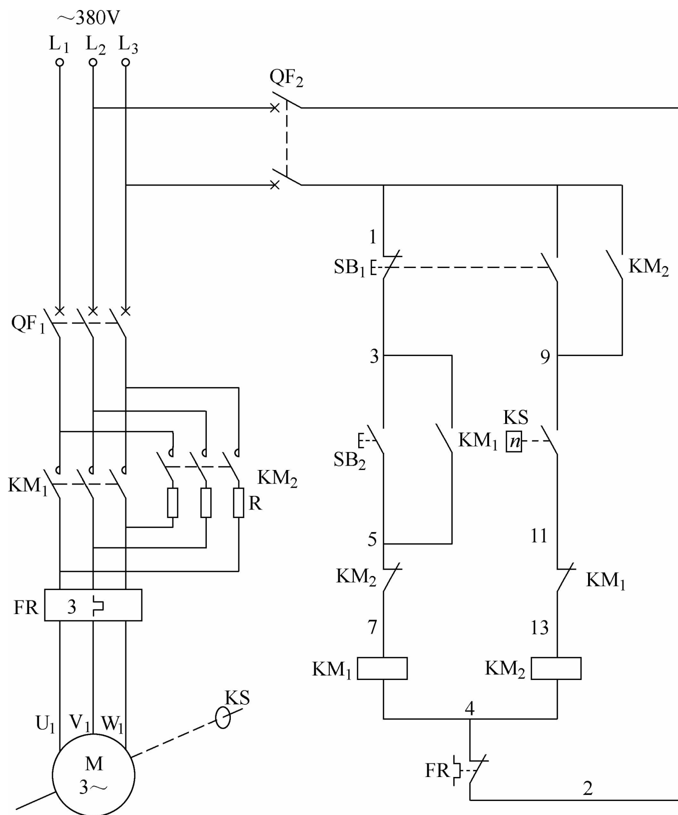


图 7-7　单向运转反接制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁（3-5），KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。当电动机转速大于 120r/min 时，KS 常开触点（9-11）闭合，为反接制动做准备。反接制动时，将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转失电但仍靠惯性继续转动；SB_1 的另一组常开触点（1-9）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得

电吸合且自锁（1-9），KM_2 三相主触点闭合，电动机得以反转电源而反转起动运转。此时，电动机由正转惯性转动变为反转运转，其转速骤降，当电动机转速降至 100r/min 时，速度继电器 KS 常开触点（9-11）断开，切断 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转电源解除，反接制动结束。

电路 128　全波整流单向制动控制电路

本电路为全波整流单向制动控制电路，也就是说，当电动机失去工作电源后，仍靠惯性继续转动，此时，将一直流电源通入电动机绕组中，产生一静止磁场，使电动机转速骤降，进行能耗制动控制，如图 7-8 所示。

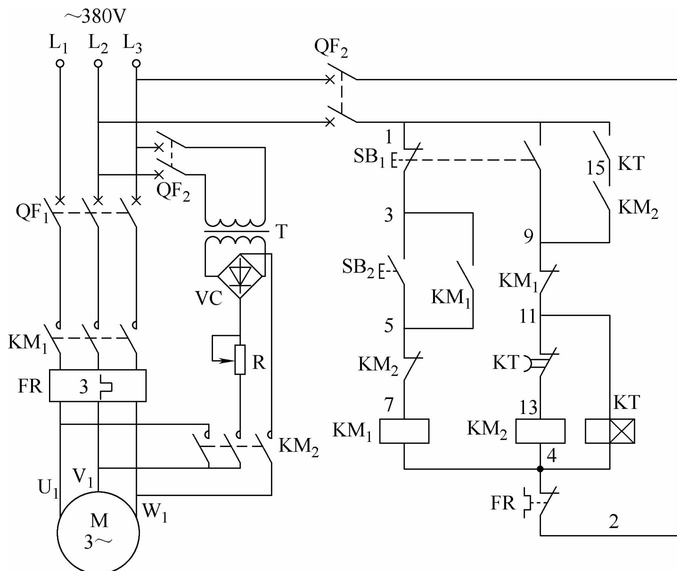


图 7-8　全波整流单向制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

制动时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；SB_1 的另一组常开触点（1-9）闭合，交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且自锁，KT 开始延时，KM_2 三相主触点闭合，将直流电源通入电动机绕组中使电动机转速骤降，进行能耗制动。经 KT 延时后，其得电延时断开的常闭触点（11-13）断开，KM_2 和 KT 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除能耗制动电源，能耗制动结束。

电路 129 实用的可逆能耗制动控制电路

图 7-9 所示为实用的可逆能耗制动控制电路。

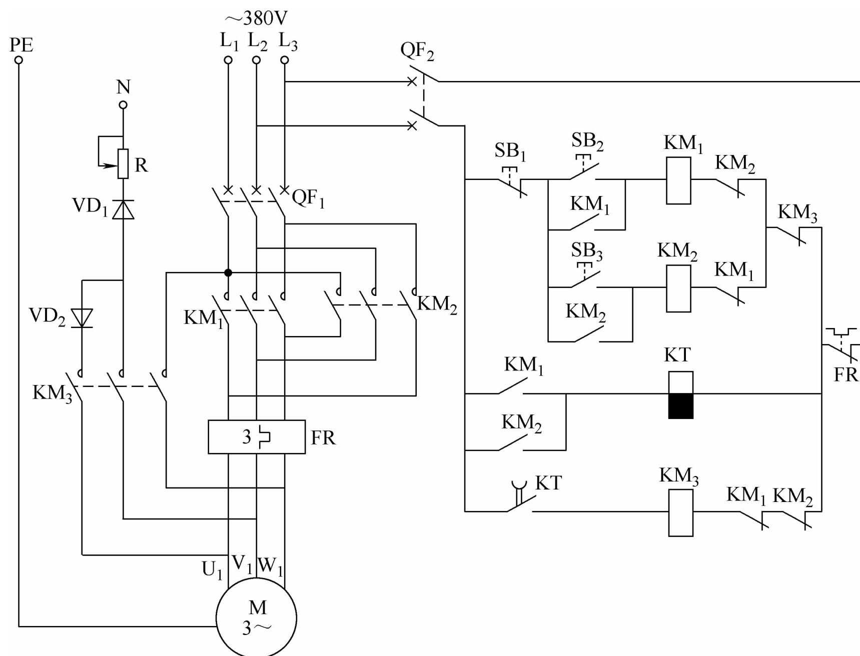


图 7-9 实用的可逆能耗制动控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正向运转。同时 KM_1 辅助常开触点闭合，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点立即闭合，为能耗制动控制交流接触器 KM_3 线圈工作做准备（因串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点已断开）。

正转能耗制动时，按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。KM_1 辅助常开触点断开，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，KM_1 串联在 KM_3 线圈回路中的常闭触点恢复常闭，此时交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，使直流电源通入电动机绕组内产生静止磁场，使电动机迅速停止下来，经 KT 失电延时断开的常开触点断开后，KM_3 线圈断电释放，KM_3 主触点断开，解除能耗制动。

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反向运转。同时 KM_2 辅助常开触点闭合，

失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点立即闭合，为能耗制动控制交流接触器 KM_3 线圈工作做准备（因串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点已断开）。

反转能耗制动时，按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。KM_2 辅助常开触点断开，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的常闭触点恢复常闭，此时交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，使直流电源通入电动机绕组内产生静止磁场，使电动机迅速停止下来，经 KT 失电延时断开的常开触点断开后，KM_3 线圈断电释放，KM_3 主触点断开，解除能耗制动。

电路 130　采用一只整流二极管的能耗制动控制电路

有的机械设备要求在停机时，能迅速将电动机停止下来，那就需要采用制动电路。图 7-10 所示是采用一只整流二极管的能耗制动控制电路。

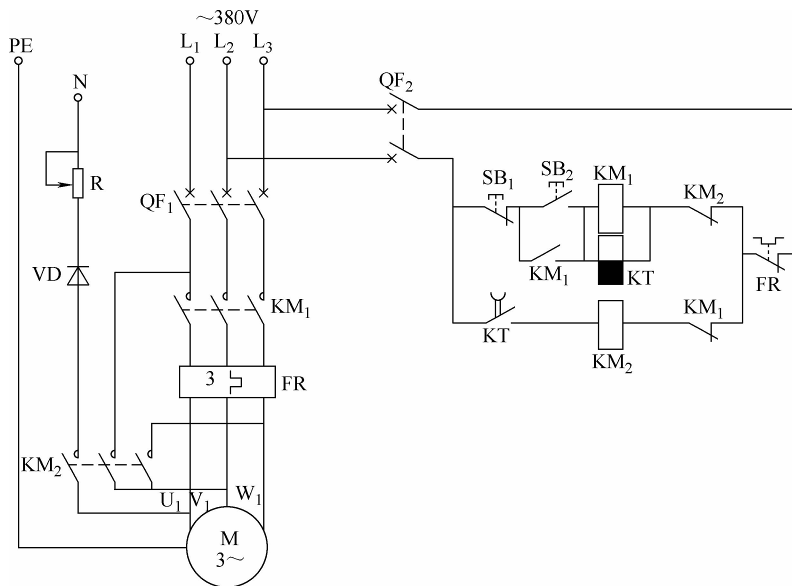


图 7-10　采用一只整流二极管的能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点断开，互锁 KM_2 线圈，以保证 KM_1 工作时 KM_2 线圈不能得电工作，同时 KT 失电延时断开的常开触点立即闭合，为停止时 KM_2 制动交流接触器线圈工作做准备。KM_1 三

相主触点闭合，电动机 M 得电运转工作。

制动时，则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KM_1 辅助常闭触点恢复常闭状态（此时 KT 失电延时断开的常开触点已闭合），制动交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将整流二极管 VD 串入电动机绕组中，产生能耗制动作用使电动机迅速停止下来。经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 主触点断开，解除能耗制动，从而完成制动过程。

本电路简单、实用、成本低，适用于 10kW 以下电动机且对制动要求不高的场合。

电路 131　电动机电容制动控制电路（一）

电动机电容制动控制电路如图 7-11 所示。

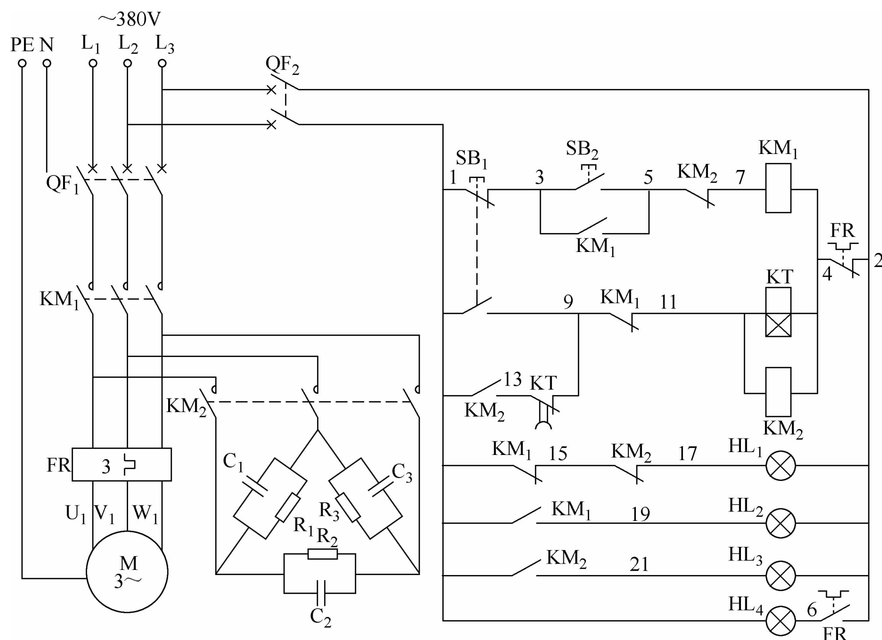


图 7-11　电动机电容制动控制电路（一）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时，KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，切断得电延时时间继电器 KT 和制动用交流接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁作用。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-15）

断开，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已运转工作。

制动时，按下停止兼制动按钮 SB_1（1-3、1-9），SB_1 常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而处于自由停车状态。同时，SB_1 的另一组常开触点（1-9）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 和制动控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，将制动电容器 C_1 ~ C_3、电阻器 R_1 ~ R_3 连接于电动机绕组中。在制动电容器投入后，电动机的转子仍靠惯性继续转动，将有剩磁存在，从而使定子绕组产生感应电动势，对电容器进行充电，这样在 RC 的阻抗内有大量的热能被迅速消耗出来，产生一个与旋转方向相反的制动转矩，所以将会使电动机的转子迅速停止下来，起到制动作用。

在按下停止按钮时，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合并开始延时，经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9-13）断开，切断 KT 及 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点断开，制动过程结束。在制动过程中，制动指示灯 HL_2 亮，表示电动机正在进行制动。

电路 132　电动机电容制动控制电路（二）

电动机电容制动控制电路如图 7-12 所示。

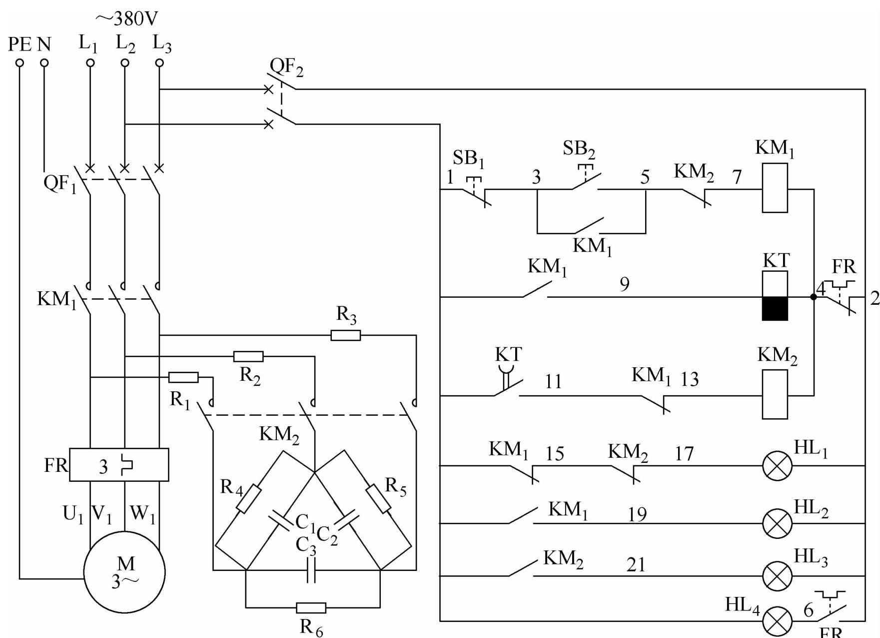


图 7-12　电动机电容制动控制电路（二）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时，KM_1 辅助常闭触点（11-13）断开，切断了制动交流接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（1-9）闭合，接通失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（1-11）立即闭合，为电动机停止制动做准备工作；KM_1 辅助常闭触点（1-15）断开，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。

制动时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而处于惯性自由停机状态。此时，由于 KM_1 辅助常闭触点（11-13）恢复常闭，将制动交流接触器 KM_2 线圈投入工作，KM_2 三相主触点闭合，将 RC 制动电路接入电动机绕组进行制动。同时 KM_1 辅助常开触点（1-9）断开，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，并开始延时。指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，表示正在进行制动。

经 KT 失电延时断开的常开触点（1-11）延时后，其延时触点恢复原始状态，切断了制动交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点断开，解除制动，制动过程结束。

图 7-12 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机制动指示灯；HL_4 为过载指示灯，HL_4 亮时说明电动机已过载了。

电路 133　电动机单向半波整流能耗制动控制电路

很多控制设备要求在停机时有快速制动功能。图 7-13 所示电路在轻轻按下停止按钮 SB_1 时，由于能耗制动电路不工作，电动机处于自由停机操作；在按下停止按钮 SB_1（按到底）时，能耗制动电路工作，电动机快速制动停止。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正常起动运转。

欲快速制动时，则将停止按钮 SB_1 按到底，首先 SB_1 常闭触点断开，切断了 KM_1 线圈电源，电动机失电处于自由停机状态，同时，SB_1 常开触点闭合，使制动交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且自锁，KM_2 主触点闭合，将整流二极管 VD 接入电动机绕组产生静止磁场，进行能耗制动；电动机进入快速制动状态。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_2 线圈电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2 主触点断开，解除制动。



图 7-13　电动机单向半波整流能耗制动控制电路

电路 134　电动机可逆半波整流能耗制动控制电路

在电动机脱离三相电源后，给定子绕组内加一直流电源，使其产生静止磁场，让靠惯性仍在继续运转的电动机快速停止下来。这里介绍的是电动机可逆半波整流能耗制动控制电路，如图 7-14 所示。

本电路的优点是正反转操作时无需按停止按钮 SB_1 即可完成；除了能耗制动外，在停止时只要轻轻按下停止按钮 SB_1，电动机为惯性自动停机；从控制互锁看，具有按钮常闭触点互锁和交流接触器常闭触点互锁，可谓双重互锁，安全可靠，为首选控制电路。

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转。为保证在操作时，防止正反转按钮同时按下造成主回路发生相间短路，在正转操作时，SB_2 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点先断开，切断了 KM_2 线圈回路，完成按钮常

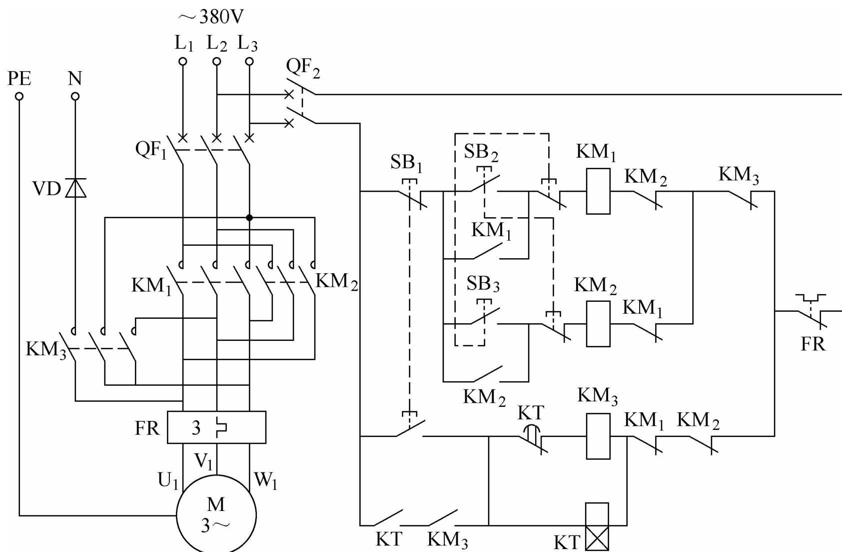


图 7-14　电动机可逆半波整流能耗制动控制电路

闭触点互锁，当在交流接触器 KM_1 吸合后，KM_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点断开，完成接触器常闭触点互锁。

反转起动时，无需按下停止按钮 SB_1 可直接操作反转起动按钮 SB_3，此时，SB_3 常闭触点先断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而停止运转。由于正转交流接触器 KM_1 辅助常闭触点恢复常闭状态，为反转起动做准备，这时，SB_3 常开触点已闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机反转运转。

注意：在未按下停止按钮 SB_1 时，直接进行正反转操作时，为自由停机，无能耗制动。

正、反转能耗制动时，无论正转还是反转停止，只要将停止按钮 SB_1 按到底，正转或反转交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，使电动机脱离电源，此时交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且自锁，KM_3 主触点闭合，将直流电源通入电动机定子绕组中产生静止磁场，从而使电动机快速停止下来。从按下停止按钮 SB_1 到电动机停止，为 KT 延时时间，KT 延时结束后，将 KM_3、KT 线圈断开，KM_3 主触点断开，能耗制动结束。

电路 135　用断电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路

图 7-15 所示是利用断电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路。

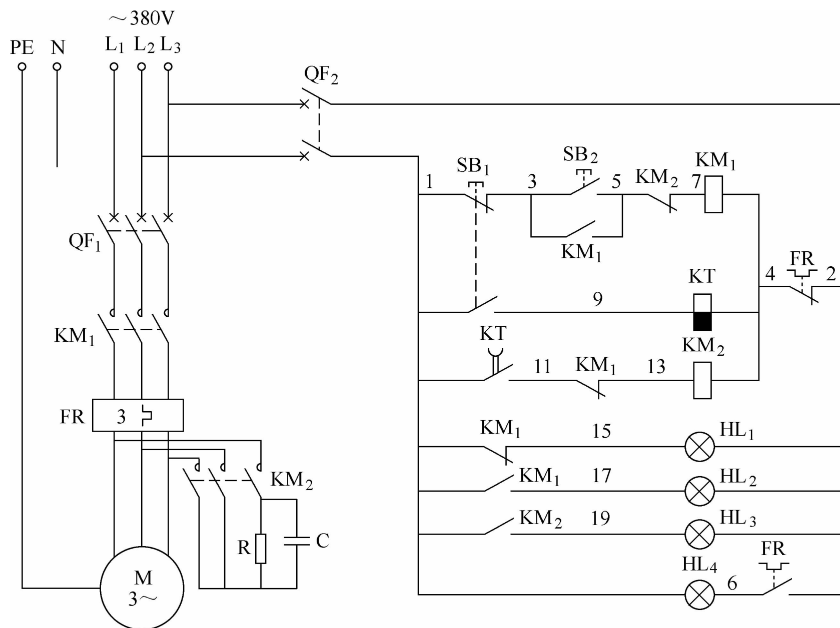


图 7-15　用断电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-15）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，电动机运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。与此同时，KM_1 串联在制动交流接触器线圈回路中的辅助常闭触点（11-13）断开，使 KM_2 线圈不能吸合，起到互锁作用。

制动时，则按下制动兼停止按钮 SB_1，SB_1 的一对常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相交流电源后，仍靠惯性继续转动。与此同时，SB_1 的另外一对常开触点（1-9）闭合，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 失电延时断开

的常开触点（1-11）立即闭合，接通了制动交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将自励发电和短接制动电路接入电动机定子绕组内，对电动机进行制动，同时指示灯 HL_3 亮，说明电动机正在进行制动。此时松开按钮 SB_1，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，在 KT 延时时间内，由于交流接触器 KM_2 三相主触点的闭合，使制动电路一直对电动机定子绕组产生制动作用。待 KT 失电延时断开的常开触点（1-11）断开后，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，制动过程结束；同时指示灯 HL_3 灭，说明制动结束。

图 7-15 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机制动指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载动作后，此灯被点亮，说明电动机已过载了。

第 8 章

供排水控制电路

电路 136　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路

有些供水系统需要恒压供水，方法很多，如果你手头上有廉价的变频器，可与电接点压力表 YX-150 配合进行最简单的供水恒压调速。

从图 8-1 中不难看出，电接点压力表 SP 的高端（也就是上限）接至第三频率端子 3DF 上，再通过调整变频器内部第三频率电位器 3FV 来设定较低的运转速度。需注意的是，电接点压力表 SP 不能安装在用水量较大的管路中，使用中可根据实际情况确定安装位置，以保护压力控制信号的正常提供。

工作前将主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2、变频器控制回路断路器 QF_3 合上，指示灯 HL_1 亮，说明电路电源正常。

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，为变频器工作提供电源，同时 KM 辅助常闭触点（1-7）断开，电源指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-9）闭合，运行指示灯 HL_2 亮，说明电路已运行。这时，变频器会按照设定的频率使电动机以一定速度运行，供水系统通过泵输出给水，随着管路水压的逐渐提高，当达到电接点压力表 SP 高端（上限时），3DF 与 COM 连接，变频器的运行方式会按照预先设定的降速曲线降低水泵的运转速度，管路压力逐渐减小，电接点压力表 SP 高端（上限）与 COM 断开，变频器又按照预先设置的第三频率速度输出，水泵电动机又重新按照变频器升速曲线运转。如此这般地反复升速、降速从而实现恒压供水调速。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，变频器脱离电源停止工作，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明变频器已停止工作。

当电动机过载时，热继电器 FR 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（2-4）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，起到过载保护作用。同时热继电器 FR 常开触点（2-6）闭合，接通了过载指示

灯 HL_3 回路电源，HL_3 亮，说明电动机已过载了。

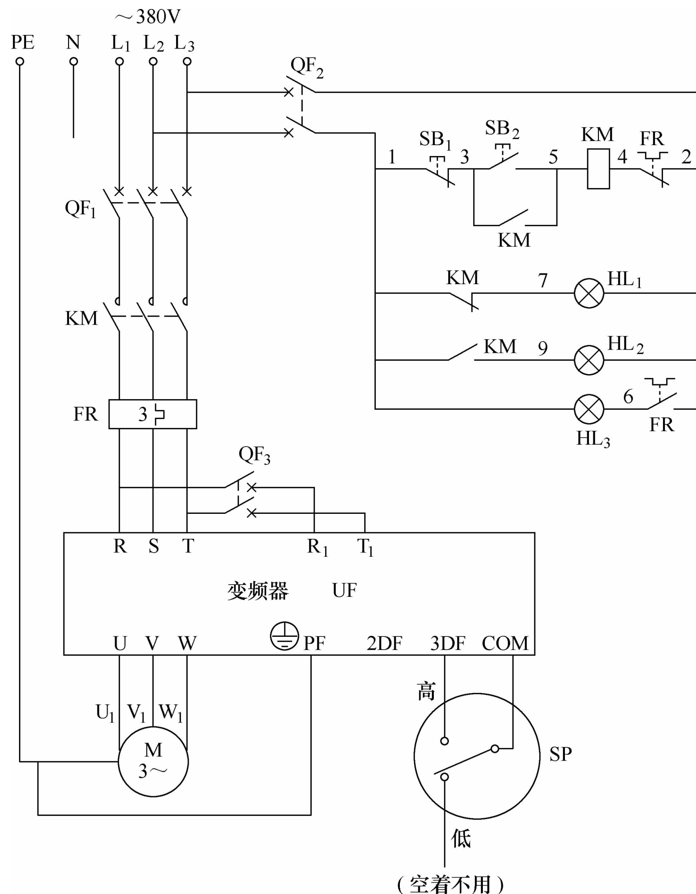


图 8-1　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路

电路 137　采用两只中间继电器控制的水位控制电路

图 8-2 所示电路为水位控制电路。检测元件为电接点压力表，为了保证电接点压力表控制触点不与容量较大的交流继电器线圈直接控制使用，以保护电接点压力表控制触点不易被损坏，所以在控制电路中采用两只中间继电器 KA_1、KA_2 线圈分别接电接点压力表低水位端、高水位端，因中间继电器线圈电流很小，从而保证电接点压力表正常使用。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源兼作停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 手动控制

将手动/自动选择开关 S 拨至手动控制位置（1-3），起动时，按下起动按钮

SB_2（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KM 辅助常闭触点（1-17）断开，辅助常开触点（1-19）闭合，电源指示灯 HL_1 熄灭，运转指示灯 HL_2 点亮，说明电动机已起动运转。停止时则按下停止按钮 SB_1（3-5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；同时 KM 辅助常开触点（1-19）断开，辅助常闭触点（1-17）闭合，运转指示灯 HL_2 熄灭，电源指示灯 HL_1 点亮，说明电动机已停止运转。

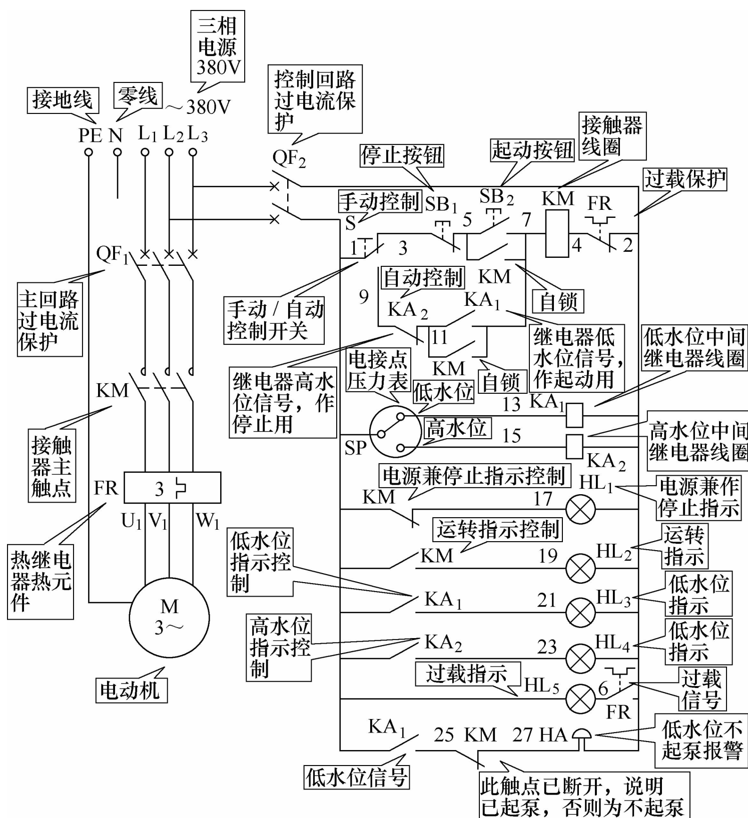


图 8-2　采用两只中间继电器控制的水位控制电路

2. 自动控制

将手动/自动选择开关 S 拨至自动控制位置（1-9），控制电路处于自动控制状态。若水罐内压力低于电接点压力表下限值，电接点压力表下限低水位端（1-13）闭合，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，其常开触点（7-11）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁（7-11），KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，同时 KA_1 常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_3 亮，告知水罐处于低水位、

KM 辅助常闭触点（1-17）断开、KM 辅助常开触点（1-19）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1 熄灭，运转指示灯 HL_2 点亮，说明电动机已运转工作了。随着水泵电动机运转补水，水罐内压力逐渐上升，电接点压力表下限低水位端（1-13）断开、中间继电器 KA_1 线圈断电释放，其常开触点（1-21）断开，低水位指示灯 HL_3 熄灭；当水罐内压力升至电接点压力表上限值时，上限高水位端（1-15）闭合，接通中间继电器 KA_2 线圈电源，KA 常闭触点（9-11）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时 KA_2 常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_4 点亮，告知水罐处于高水位，KM 辅助常开触点（1-19）断开、KM 辅助常闭触点（1-17）闭合，运转指示灯 HL_2 熄灭，电源兼停止指示灯 HL_1 点亮，说明电动机已停止运转。

无论手动/自动选择开关 S 处于任何状态，只要在低水位时，倘若交流接触器 KM 不吸合，那么 KM 串联在低水位报警电路中的常闭触点（25-27）闭合，电铃 HA 响，告知水位已低且电动机不运转补水。若指示灯 HL_5 亮，说明电动机已过载动作了。

电路 138　给、排水手动/定时控制电路

在众多的给、排水系统中，通常都采用手动或液位自动控制，现介绍一种给、排水手动/定时控制电路（见图 8-3）。该电路最大优点是每天可分多时段通断（一般为 10 个通断，因生产厂家不同有的产品为 16 个通断），操作起来更人性化，通断时间可任意设置。

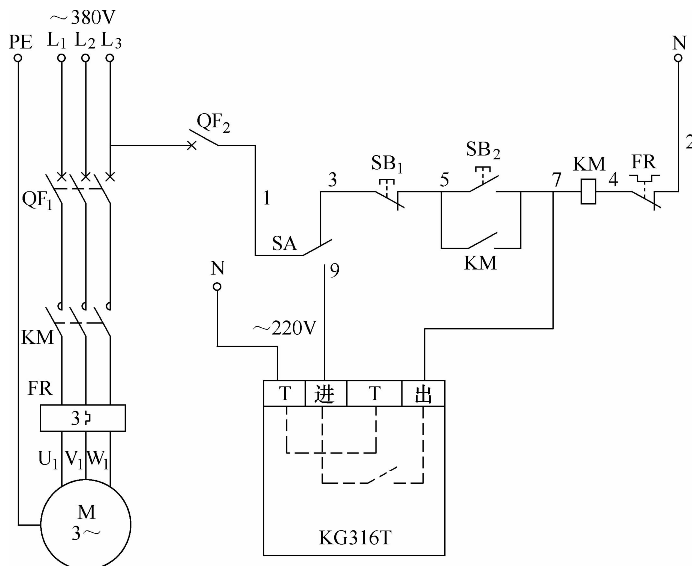


图 8-3　给、排水手动/定时控制电路

1. 手动控制

将手动/定时选择开关 SA 置于手动位置（1-3）。起动时，按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。停止时，按下停止按钮（3-5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

2. 定时自动控制

将自动/定时选择开关 SA 置于定时位置（1-9），并将时控开关 KG316T 按要求参照说明书设置好。定时开机时间到了时，时控开关 KG316T 内部继电器线圈得电吸合动作，其常开触点闭合，接通进、出两端，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转；当定时关机时间到了时，KG316T 内部继电器线圈断电释放，其常开触点断开进、出两端，从而切断了交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 139　水箱晶体管自动控制放水电路

使用前将选择自动/手动控制开关 SA 置于自动位置，若此时水箱内的液位高于电极 A 点，晶体管 VT_2 的基极为高电位，晶体管 VT_1、VT_2 导通，那么小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合，K 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常开触点（9-11）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（7-9）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，水泵电动机得电运转工作，带动水泵进行抽水。同时指示灯 HL 亮，说明水泵电动机已起动运转了。与此同时，小型灵敏继电器 K 串联在水箱内液位电极 B 中的常开触点闭合，使 VT_1、VT_2 继续导通，水泵继续抽水，若与液位电极 B 串联的常开触点不闭合，此时，水位下降到了 A 点以下，由于 K 常开触点未闭合，VT_1、VT_2 将截止，使小型灵敏继电器因线圈无维持回路而释放。只有当液位降到电极 B 点以下时，晶体管 VT_1、VT_2 由导通变为截止，小型灵敏继电器 K 线圈断电释放，中间继电器 KA 线圈也断电，KA 常开触点（7-9）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，水泵电动机失电停止抽水，同时运行指示灯 HL 灭，说明水泵电动机已停止运转了。随着水箱内液位的逐渐上升，若升至液位 A 点，小型灵敏继电器 K 又重新得电吸合，KA 线圈得电；KA 常开触点（7-9）又重新闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，水泵电动机又重新起动运转了，重复上述过程。

为了解决水箱内液位波动对控制电极造成时断时通现象，在本电路中加装了一只 470μF 的电解电容器 C_3，可有效地对晶体管 VT_1、VT_2 的导通或截止延迟，不至于使交流接触器因液位波动而频繁通断，造成其主触点烧坏问题。

图 8-4 中变压器可选用容量在 25VA 以上的电源变压器或控制变压器，其二次电压为 15V；熔断器 FU 为弱电保护用，可选用任何型号的产品，其熔断芯为 2A；二极管 VD_1 ~ VD_5 选用 1N4000 即可；小型灵敏继电器可选用 JRX-13F，其线圈电压为 DC12V。

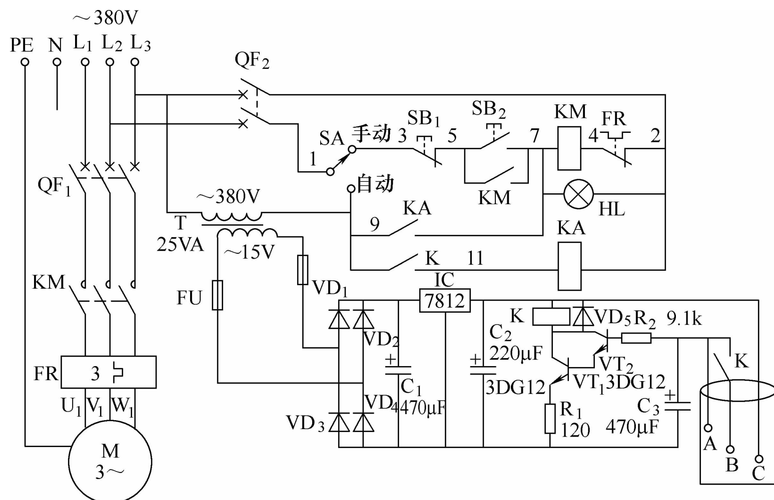


图 8-4 水箱晶体管自动控制放水电路

注意：弱电部分可制作在印制电路板上。

电路 140 用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路

1. 自动控制

将选择开关 SA 置于自动位置，当增压水罐压力低于设定下限时，电接点压力表 SP 下限触点（3-11）接通，接触器 KM 线圈接通且 KM 常开触点（3-11）自锁，KM 三相主触点闭合，补水泵电动机运转工作，同时指示灯 HL_2 亮，说明正在进行补水。当增压水罐达到上限压力时，电接点压力表 SP 上限触点（3-5）接通，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（11-13）断开，接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，补水泵电动机停止补水，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明补水泵电动机已停止工作。

随着增压罐内压力逐渐下降，当降至下限设定值时，下限触点（3-11）又重新接通，交流接触器 KM 线圈又重新得电吸合工作，其三相主触点闭合，补水泵电动机又重新运转进行补水，重复上述过程。

2. 手动控制

将选择开关 SA 置于手动位置，起动时按下起动按钮 SB_2（9-11），交流接触

器 KM 线圈得电吸合且常开触点（9-11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，补水泵电动机得电运转，同时指示灯 HL_2 亮，说明补水泵电动机正在运转补水。当停止时，按下停止按钮 SB_1（7-9），交流接触器 KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，补水泵电动机停止补水，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明补水泵电动机已停止工作。

图 8-5 所示电路中，HL_1 为停止兼作电源指示灯；HL_2 为运转指示灯；HL_3 为压力过低指示灯；HL_4 为过载指示灯。

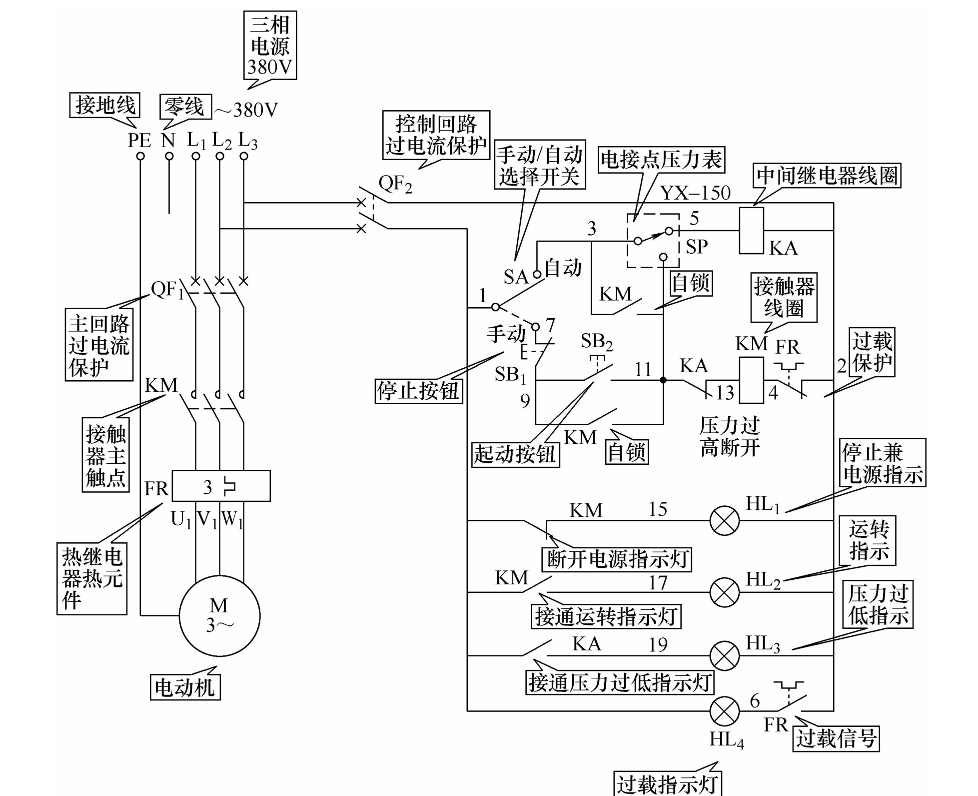


图 8-5　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路

电路 141　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路

这里介绍的两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路，如图 8-6 所示。其特点是在转换开关置于自动位置时，倘若补水罐内压力低至下限，电接点压力表 SP（1-43）闭合，中间继电器 KA_4 线圈得电吸合，其常开触点（11-15）闭合，接通中间继电器 KA_1 线圈电源，KA_1 常开触点（15-17）闭合自锁；KA_1 常开触点（29-31）闭合使中间继电器 KA_3 线圈得电且 KA_3 常开触点（29-31）

闭合自锁，KA_1 常开触点（7-13）闭合，接通电动机 M_1 控制用交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，水泵电动机 M_1 起动运转；随着补水罐内压力的逐渐提高，当达到电接点压力表上限值时，SP（1-45）闭合，KA_5 线圈得电吸合，此时 KA_5 常闭触点（11-13）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，水泵电动机 M_1 失电停止运转。当 M_1 停止后将作为备用泵使用，也就是说，下一次需要起动的是 M_2，再下一次起动的又是 M_1，两台电动机隔次轮流替换工作。

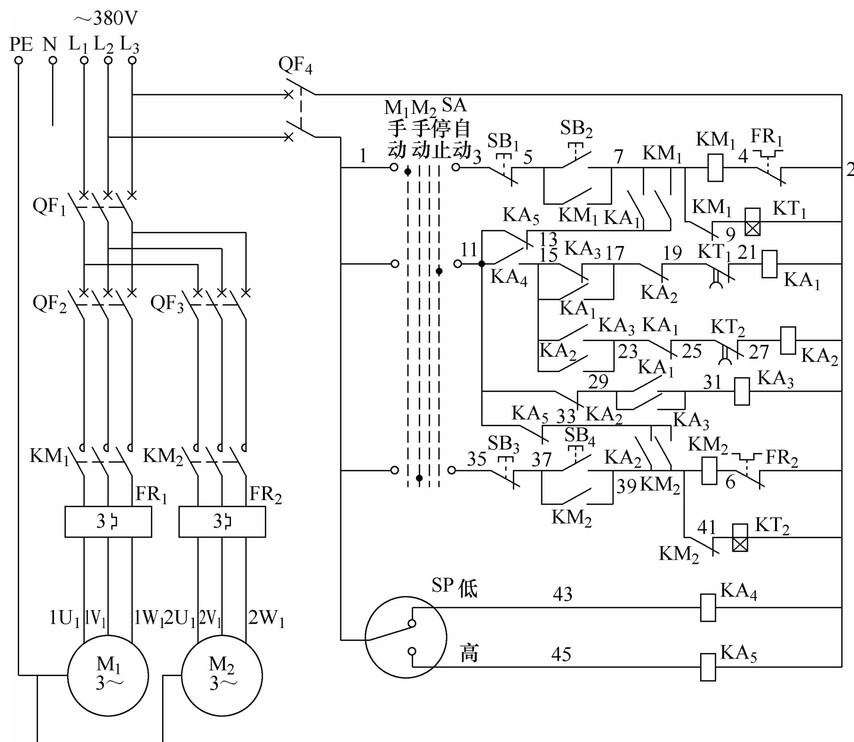


图 8-6　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路

当补水罐压力低于 SP 下限时，SP（1-43）闭合，中间继电器 KA_4 线圈得电吸合，KA_4 常开触点（11-15）闭合，接通了中间继电器 KA_2 线圈电源，KA_2 常闭触点（11-29）断开，切断了 KA_3 线圈电源，使 KA_3 线圈断电释放，KA_3 所用触点恢复原始状态，为下一次起动 M_1 做准备。同时，KA_2 常开触点（33-39）闭合，接通了电动机 M_2 控制用交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 辅助常开触点（37-39）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，水泵电动机 M_2 起动运转。随着补水罐内压力的逐渐增大，当达到电接点压力表上限值时，SP（1-45）闭合，KA_5 线圈得电吸合，其常闭触点（11-13）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电

源，KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，水泵电动机 M_2 失电停止运转。当 M_2 停止后将作为备用泵使用，从而完成两台水泵电动机轮流替换工作。

在自动时，任意一台水泵电动机出现过载故障，其热继电器将会动作，断开相应控制回路电源，而该回路的得电延时时间继电器就会延时动作，接通另一台水泵电动机控制电路，使其投入工作，起到故障时互为自投。因电路较为简单，这里不再介绍，请读者自行分析。

电路 142　两台水泵电动机自动时故障自投电路

在给水时，通常均采用两台水泵电动机一用一备。但在使用过程中，倘若运行的一台水泵电动机出现过载等故障而退出运行时，由于备用水泵电动机不能及时投入运行，将影响正常补水工作。

图 8-7 所示为两台水泵电动机自动时故障自投电路。

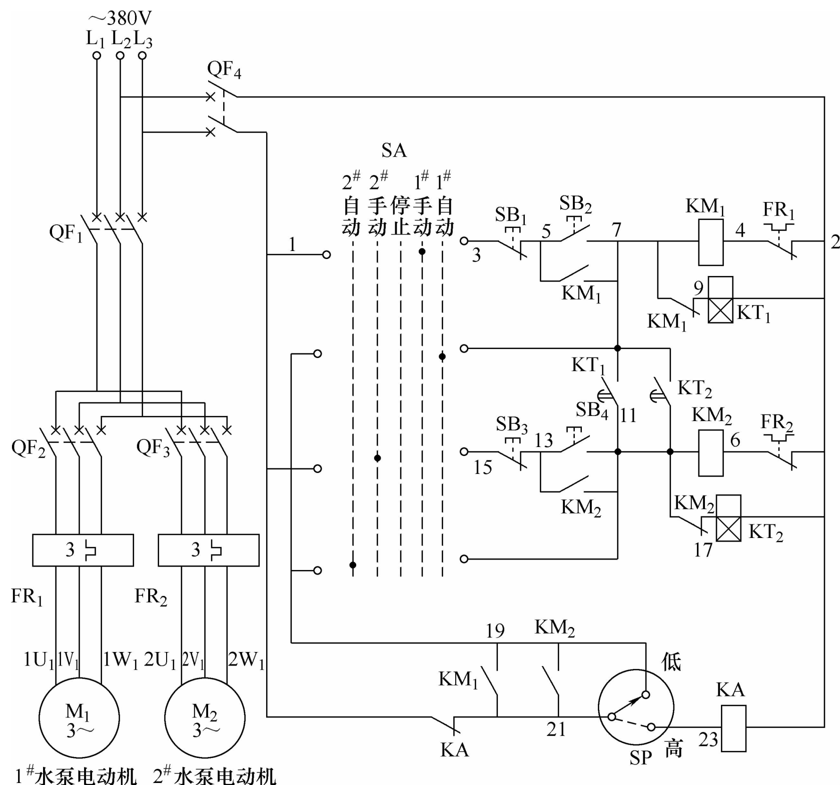


图 8-7　两台水泵电动机自动时故障自投电路

1. 1#手动操作

将转换开关 SA 置于 1#手动位置（1-3），按起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭

合，1#水泵电动机得电运转工作。停止时则按下停止按钮 SB_1（3-5）即可。

2. 2#手动操作

将转换开关 SA 置于 2#手动位置（1-15），按起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，2#水泵电动机得电运转工作。停止时则按下停止按钮 SB_3（13-15）即可。

3. 1#自动及故障自投

将转换开关 SA 置于 1#自动位置（7-19），若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限，其接点（19-21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（19-21）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，1#水泵电动机得电运转；随着补水罐压力的逐渐增大，SP 接点（19-21）断开，当达到电接点压力表 SP 上限时，其接点（21-23）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（1-21）断开，切断了 KM_1 线圈自锁回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#水泵电动机失电停止运转。若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限，其接点（19-21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈又重新得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点又闭合，1#水泵电动机又重新起动运转了，自动重复上述过程。

当 1#水泵电动机出现故障时（通常为过载），热继电器 FR_1 常闭触点断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，1#水泵电动机失电停止运转。KM_1 辅助常闭触点（7-9）恢复闭合，为延时接通备用 2#水泵电动机起动运转做准备。若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限，其接点（19-21）闭合，此时由于 KM_1 线圈回路因故障断开，控制电源经 KM_1 辅助常闭触点（7-9），使得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合并开始延时，经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（7-11）闭合，接通了 2#水泵电动机控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点闭合，2#水泵电动机自动投入运行，替代故障 1#水泵电动机；当 1#水泵电动机故障排除，FR_1 复位后，1#水泵电动机又重新投入工作，2#水泵电动机又作为备用待机。

2#自动及故障自投同 1#自动及故障自投，这里不再介绍。

电路 143　两台水泵轮流工作控制电路

如图 8-8 所示，这里介绍两台水泵轮流工作控制电路，即第一次起动补水时，电动机 M_1 起动运转，第二次起动补水时轮换到电动机 M_2 起动运转，第三次起动补水时又轮换到电动机 M_1 起动运转，如此循环交替工作。

1. 电动机 M_1 手动控制

将转换开关 SA 置于“M_1 手动”位置，按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触

器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁；KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；若停止运转，则按下停止按钮 SB_1（3-5），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。

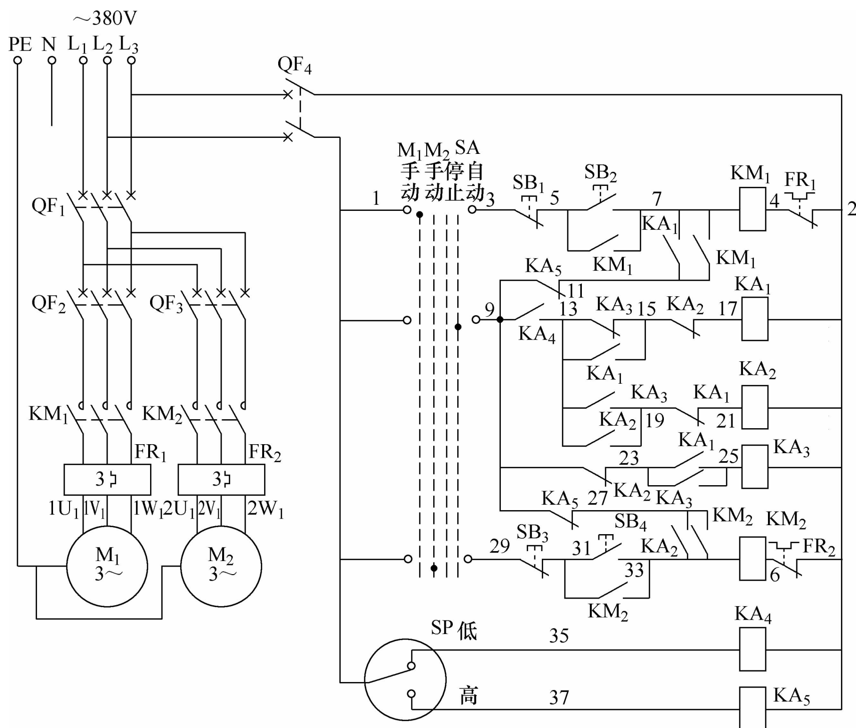


图 8-8　两台水泵轮流工作控制电路

2. 电动机 M_2 手动控制

将转换开关 SA 置于“M_2 手动”位置，按下起动按钮 SB_4（31-33），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（31-33）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动运转；若停止运转，则按下停止按钮 SB_3（29-31），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。

3. 电动机 M_1、M_2 轮流控制

将转换开关 SA 置于“M_1、M_2 自动”位置，则通过电接点压力表 SP 进行控制，若管路压力低于 SP 下限，SP 低端（1-35）闭合，中间继电器 KA_4 线圈得电吸合，KA_4 常开触点（9-13）闭合，接通了中间继电器 KA_1 线圈电源，KA_1 线圈得电吸合并自锁（13-15），KA_1 常开触点（23-25）闭合，使中间继电器 KA_3 线圈得电吸合并自锁（23-25），为下一次中间继电器 KA_2 工作做准备；同时 KA_1 常开触点（7-11）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合并自锁（7-11），电动机 M_1 得电起动运转。当管路压力高于电接点压力表 SP 上限时，SP 高端（1-

37）闭合，中间继电器 KA_5 线圈得电吸合，KA_5 控制 KM_1 线圈停止的常闭触点（9-11）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 停止运转。在 KA_3 线圈吸合后，其常闭触点（13-15）断开，使 KA_1 线圈在下次禁止动作；KA_3 常开触点（13-19）闭合，为下次 KA_2 线圈得电做准备，因为 KA_2 动作，会使交流接触器 KM_2 线圈吸合，让电动机 M_2 起动运转。

若管路压力又低于 SP 下限，SP 低端（1-35）闭合，中间继电器 KA_4 线圈又得电吸合，KA_4 常开触点（9-13）闭合，接通了中间继电器 KA_2 线圈电源，KA_2 线圈得电吸合且自锁（13-19），KA_2 常闭触点（9-23）断开，切断了中间继电器 KA_3 线圈电源，KA_3 线圈断电释放，其所有触点恢复，为下次中间继电器 KA_1 工作做准备，因为 KA_1 动作，会使交流接触器 KM_1 线圈吸合，让电动机 M_1 又重新起动运转。同时 KA_2 常开触点（27-33）闭合，将 KM_2 线圈回路接通，KM_2 线圈得电吸合并自锁（27-33），KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转工作。当管路压力高于电接点压力表 SP 上限时，SP 高端（1-37）闭合，中间继电器 KA_5 线圈得电吸合，KA_5 控制 KM_2 线圈停止的常闭触点（9-27）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 停止运转。此时，中间继电器 KA_1、KA_2、KA_3 线圈全部断电释放，恢复原始状态，为下次接通 KM_1 线圈做好准备，也就是为下次起动电动机 M_1 做准备，从而实现电动机 M_1、M_2 轮流运转工作。

电路144　用 JYB714 控制排水泵手动/自动电路

1. 工作原理

（1）手动排水控制

手动排水时，则按下排水起动按钮 SB_2（1-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 的一对常开触点（1-5）闭合自锁，同时指示灯 HL 亮，说明已进行手动排水操作了。在 KA 线圈吸合的同时，KA 的另外一对常开触点（1-3）也闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动排水泵由水池向外排水。欲需停止时，则按下排水停止按钮 SB_1（5-7），中间继电器 KA、交流接触器 KM 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，排水泵停止排水，同时指示灯 HL 灭，说明手动排水操作结束了。从而实现手动排水控制。

（2）液位自动排水控制

当水池内的水升至高水位时，探头探测高水位信号，使液位继电器 JYB714 内部继电器线圈断电释放，内部继电器连至底座端子③、④上的常闭触点恢复常闭状态，接通了交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点

闭合，电动机得电运转工作，拖动排水泵由水池向外自动排水。当水池内水位降至低水位时，探头探测低水位信号，使液位继电器 JYB714 内部继电器线圈得电吸合，内部继电器连至底座端子③、④上的常闭触点断开，切断了交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，排水泵自动停止排水。从而实现自动排水控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 8-9 所示。

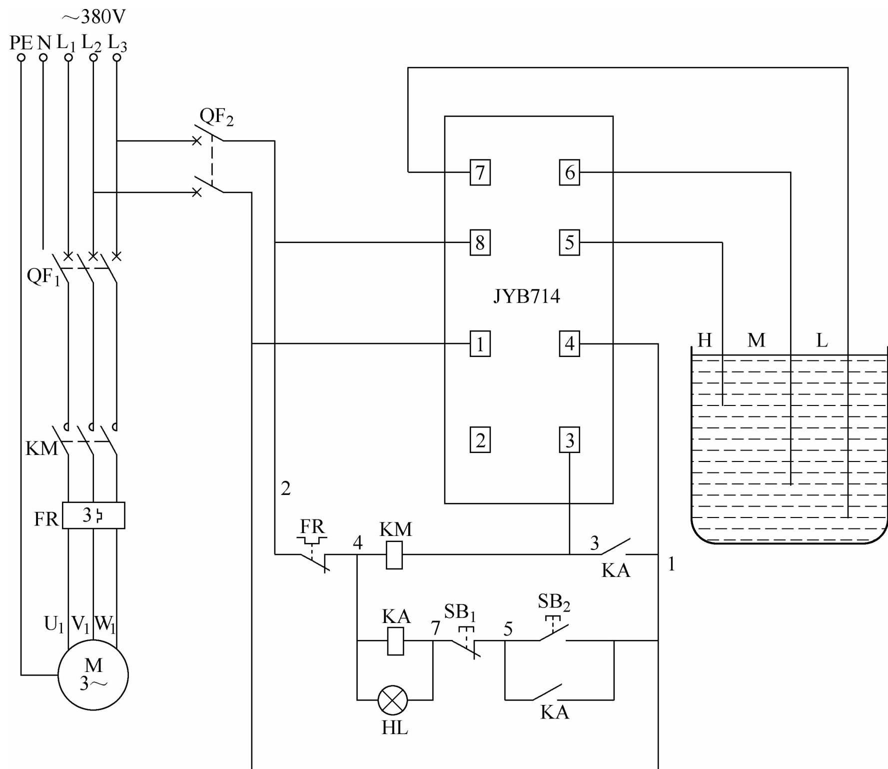


图 8-9　用 JYB714 控制排水泵手动/自动电路

电路 145　用 JYB714 控制供水泵手动/自动电路

1. 工作原理

（1）自动控制

当水池水位低至中水位 M 以下时，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈吸合动作，其连至底座端子②、③上的常开触点闭合，接通交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，供水泵电动机得电运转，带动供水泵向水池内供水；当水池内水位升至高水位 H 时，液位继电器 JYB714 内部继

电器线圈断电释放，其连至底座端子②、③上的常开触点断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，供水泵电动机失电停止运转，供水泵停止向水池内供水。从而完成自动供水控制。

（2）手动控制

起动时按下起动按钮 SB_2（5-7），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 的一对常开触点（5-7）闭合自锁，KA 的另一对常开触点（1-3）也闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，供水泵电动机得电运转，带动供水泵向水池内供水，同时指示灯 HL 亮，说明供水泵已运转工作了。停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-5），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 的两对常开触点（5-7、1-3）断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，供水泵电动机失电停止运转，供水泵停止向水池内供水，同时指示灯 HL 灭，说明供水泵已停止运转工作了。从而完成手动供水控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 8-10 所示。

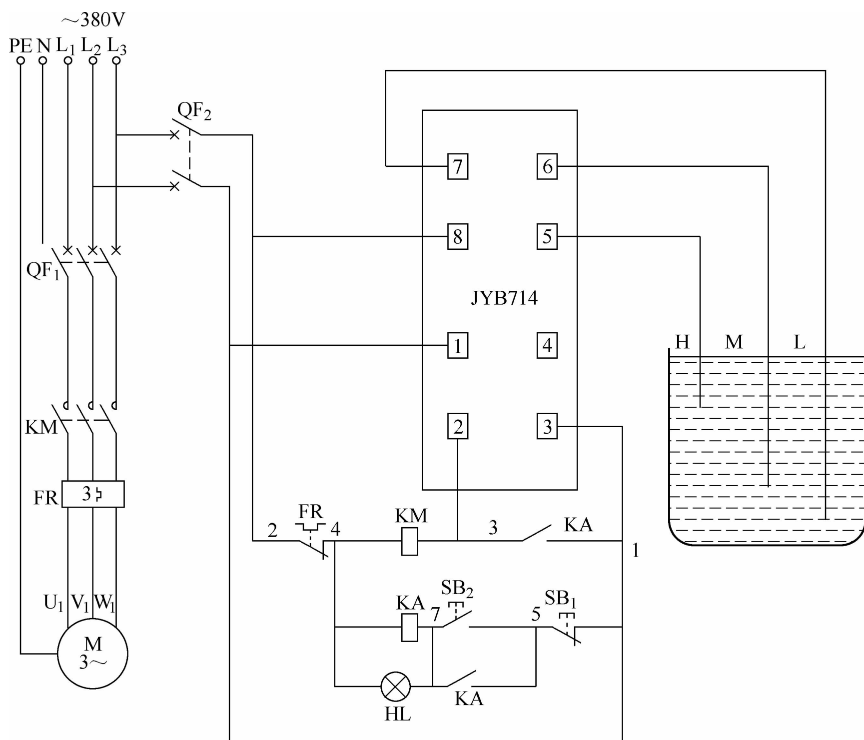


图 8-10 用 JYB714 控制供水泵手动/自动电路

电路 146　具有手动操作定时/自动功能的排水控制电路

1. 工作原理

（1） 自动控制操作

将手动/自动选择开关 SA 置于自动位置（1-3），倘若水池内的水处于高水位，液位自动控制继电器 JYB714 内部继电器线圈断电释放，JYB714 内部继电器常闭触点连至 JYB 底座端子③、④闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，带动水泵由水池向外排水；当水池内的水低至中水位以下时，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈得电吸合动作，JYB714 内部继电器常闭触点连至 JYB 底座端子③、④断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，被拖动水泵将停止向外排水，从而完成自动排水控制。

（2） 手动操作定时控制

将手动/自动选择开关置于手动位置（1-5），此时按下手动控制起动按钮 SB_2（7-9），首先接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合，将接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转，带动水泵向外排水；同时 KT 开始定时控制，经 KT 预置延时时间后，KT 得电延时断开的常闭触点（9-11）断开，切断交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，被拖动水泵停止向外排水，从而完成手动操作定时控制。在 KT 延时时间内欲需停止则按下停止按钮 SB_1（5-7）可随时进行手动停止控制。停止时，按下停止按钮 SB_1（5-7），切断交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，被拖动水泵停止向外排水。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 8-11 所示。

电路 147　具有手动操作定时/自动功能的供水控制电路

1. 工作原理

（1） 手动操作定时控制

将手动/自动选择开关 SA 置于手动位置（1-5），按下起动按钮 SB_2（7-9），得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（11-13）闭

合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转工作，带动水泵进行供水；与此同时，KT 开始定时工作，经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9-11）断开，切断 KM、KT 线圈电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动水泵停止供水，从而完成手动操作定时控制。在 KT 延时时间内欲需停止则按下停止按钮 SB_1（5-7）即可。

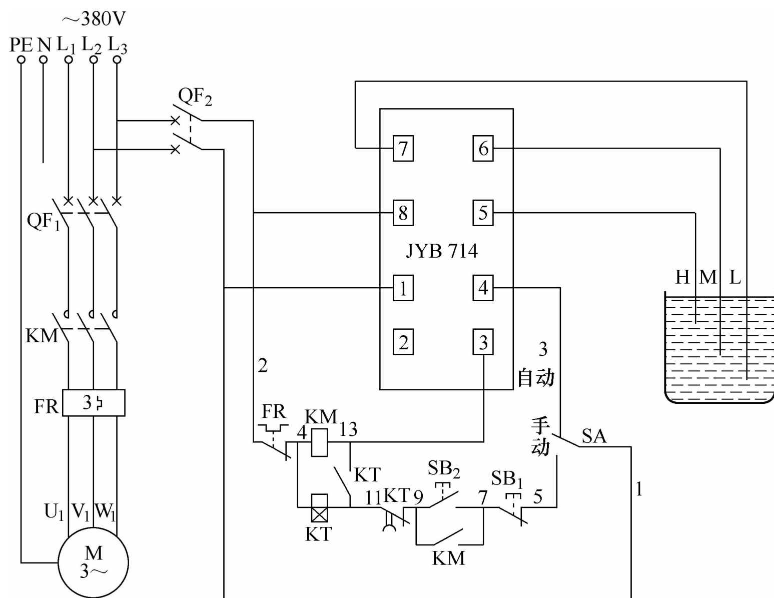


图 8-11　具有手动操作定时/自动功能的排水控制电路

（2）自动控制

将手动/自动选择开关 SA 置于自动位置（1-3），若水池内的水低至低水位，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈得电吸合，JYB714 端子②、③接通，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，带动水泵向水池供水；当水池内的水升至高水位时，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈断电释放，JYB714 端子②、③断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，被拖动水泵停止供水，从而完成自动供水控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 8-12 所示。


图 8-12　具有手动操作定时/自动功能的供水控制电路

电路 148　一种简单实用的排水控制电路

如图 8-13 所示为一种简单实用的排水控制电路。


图 8-13　一种简单实用的排水控制电路

当水池内水位升至高水位 H 时，水位探头 H、M 因水而接通，小型灵敏继电器 KA 线圈得电吸合，KA 的一组常闭触点（11-13）断开，KA 的一组常开触

点（13-15）闭合，切断低水位探头，接通中水位探头，使小型灵敏继电器KA线圈工作在中水位与高水位之间，也就是说，水位降至探头M以下时，KA线圈断电释放，水位升至探头H时，KA线圈得电吸合。此时，KA的另一组常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器KM线圈回路电源，KM线圈得电吸合，KM三相主触点闭合，水泵电动机得电运转开始排水。与此同时，KM辅助常闭触点（1-7）断开，指示灯HL_1灭，KM辅助常开触点（1-9）闭合，指示灯HL_2亮，说明水泵电动机已起动运转了。

当水池内水位降至中水位M以下时，小型灵敏继电器KA线圈断电释放，KA所有触点恢复原始状态，其中KA串联在KM线圈回路中的常开触点（3-5）断开，切断了KM线圈回路电源，KM三相主触点断开，水泵电动机失电停止排水。与此同时，KM辅助常开触点（1-9）断开，指示灯HL_2灭，KM辅助常闭触点（1-7）闭合，指示灯HL_1亮，说明水泵电动机已停止运转了。

电路149　一种简单实用的供水控制电路

如图8-14所示为一种简单实用的供水控制电路。

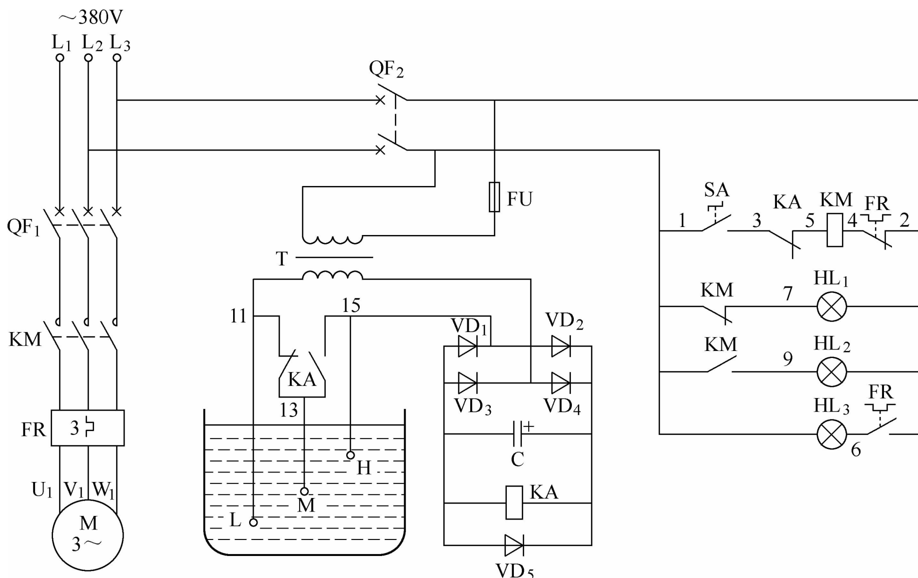


图8-14　一种简单实用的供水控制电路

当水位升至高水位探头H时，水位探头M、H被水接通，小型灵敏继电器KA线圈得电吸合，KA的一组常闭触点（11-13）断开，KA的一组常开触点（13-15）闭合，以保证在M、H水位时，KA线圈处于吸合状态。同时，KA的另一组常闭触点（3-5）断开，使交流接触器KM线圈回路电源被其切断而无法

得电吸合，所以此时水泵电动机处于停止状态。此时 KM 辅助常闭触点（1-7）闭合，指示灯 HL_1 亮，KM 辅助常开触点（1-9）断开，指示灯 HL_2 灭，说明水泵电动机停止运转了。也就是说，此时水池内的水是满的。

当水池内水位降至中水位 M 以下时，探头 M、H 处于断开状态，KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，其中 KA 串联在 KM 线圈回路中的一组常闭触点（3-5）恢复常闭，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，水泵电动机得电开始起动运转进行供水。与此同时，KM 辅助常闭触点（1-7）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-9）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明水泵电动机已起动运转了。也就是说，此时水池内是缺水的。

电路 150　优秀的补水控制电路

本电路（见图 8-15）与众多的补水电路不同，它除保留自动、手动起动控制外，还增加了两个功能：一是在自动工作时，倘若补水泵已起动运转，可通过按下停止按钮 SB_1（1-3）随时对电动机进行停止控制；二是在自动工作保压中，也就是说，电路处于自动工作，水罐压力在设定值之内（低于上限而高于下限），此时补水泵处于停止状态，若需手动再补一些水，可随时手动进行起泵完成，也可随时手动停止，即使忘了关机也不要紧，在压力达到电接点压力表 SP 上限时，会使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（5-7）断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，起到上限停止控制作用。

电路中 SA 为手动/自动选择开关，断开时为手动控制，合上时为自动控制；SP 为电接点压力表，用它来对压力罐进行压力控制，起到自动控制作用。

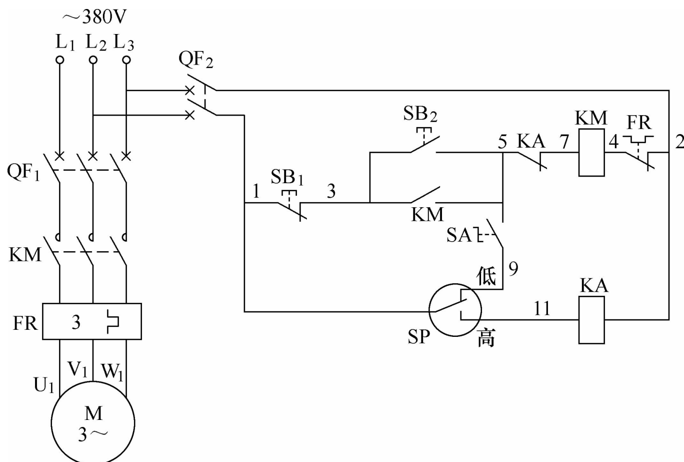


图 8-15　优秀的补水控制电路

第 9 章

其他控制电路

电路 151　两只按钮同时长时间按下开机、再同时长时间按下关机的加密控制电路

1. 工作原理

本电路为加密电路，开机时必须同时将两只按钮按下并延时数秒钟后才能开机，而关机时则还需再同时将这两只按钮按下并延时数秒钟后才能关机。可将两只按钮分别在不同地方进行安装，以保证不让他人误操作。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

（1）保密开机操作

同时按住按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5）不放手，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KT_1 不延时瞬动常开触点（5-7）闭合自锁并开始延时；同时 KT_1 不延时瞬动常闭触点（11-13）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，使 KT_2 线圈回路不能得电，起到互锁保护作用；经 KT_1 数秒钟延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-15）闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（1-15）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；同时 KM 辅助常闭触点（5-7）断开，KM 辅助常开触点（5-11）闭合，为下一次关机做准备；与此同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已起动运转开机了。此时松开同时按住的按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_1 线圈断电释放，其所有触点均恢复原始状态，为下一次关机做准备。

（2）保密关机操作

再一次同时按住按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5）不放手，得电延时时间继电器 KT_2 线圈在 KM 辅助常开触点（5-11）的作用下（早已闭合，为接通 KT_2 线圈提供准备条件）得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（5-11）闭合自锁并开始延时；KT_2 不延时瞬动常闭触点（7-9）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，使 KT_1 线圈回路不能得电，起到互锁保护作用；经 KT_2 数秒

钟延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（15-17）断开，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；与此同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已停止关机了。此时松开同时按住的按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，其所有触点均恢复原始状态，为下一次开机做准备。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 9-1 所示。

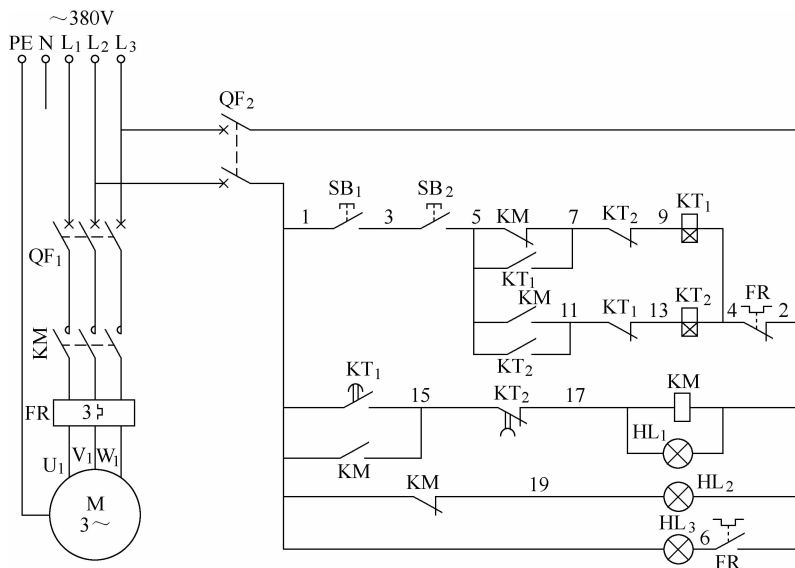


图 9-1　两只按钮同时长时间按下开机、再同时长时间按下关机的加密控制电路

电路 152　用两只白炽灯泡和一只电容器组成相序指示器电路

为了保证电气设备的正常运行，防止出现电气或机械设备事故。如：双电源相序确定，电动机转向的确定等。

本电路为简单相序指示器，仅用两只 40W 白炽灯泡和一只 1μF 的电容器连接即可，如图 9-2 所示。

其原理为：由于电容移相，改变了其中一相的相位差，使作用到 EL_1 和 EL_2 两只灯泡上的相量电压不等，L_2 相相量电压大于 L_3 相相量电压，所以按图 9-2 接好后，电容器接电源的 L_1 相，那么灯泡较亮的那相为 L_2，灯泡较弱的那相为 L_3 相。

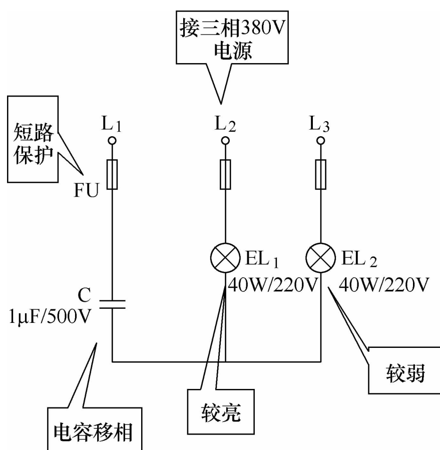


图 9-2　用两只白炽灯泡和一只电容器组成相序指示器电路

电路 153　多条传送带运输原料控制电路

在大型的建筑工地上，由于原料堆放较远，使用时需要利用传送带把原料运到施工现场或送入施工机械中加工，这就需要采用多条传送带联合运送，把原料运到指定位置。

为了防止原料传送带上运送的物料在传送带上堵塞，在运输传送带的机械电气控制上做了必要的程序控制，在起动电动机时，要求先起动第一条传送带的电动机 M_1，在电动机运转后才能起动第二条运输传送带电动机 M_2，这样可把第一条运输传送带上的原料先清理干净并迅速把原料运走，不至于在第一条传送带上造成堵塞。

停止传送带运输时，要先停第二条传送带，然后才能停第一条传送带，这是为了避免在传送带中间造成堵塞现象。

图 9-3 所示是多条传送带运输原料控制电路。当按下起动按钮 SB_2 后，接触器 KM_1 线圈得电吸合，主触点闭合，使电动机 M_1 得电运转，第一条传送带首先开始工作。由于 KM_1 的吸合，自锁触点闭合，维持 KM_1 的继续吸合，另一组 KM_1 的辅助常闭触点也同时闭合，为 KM_2 的线圈电源回路的接通做好了准备，这时只要操作人损按下 SB_4，第二条传送带便可投入运行。

与此同时，为了操作程序上的需要，KM_2 辅助常开触点闭合并短接了 SB_1 停止按钮，从而为先停电动机 M_2 后，才能再停 M_1 控制回路做了必要的联锁限制。

因此在停止运输传送带时，只要先按下 SB_3 使 KM_2 释放，即可解除停止按钮的短接线路。当 M_2 停转后，操作 SB_1，才可使 M_1 停转，从而实现按预定的程序控制电动机的起、停控制，做到正常有序地工作。

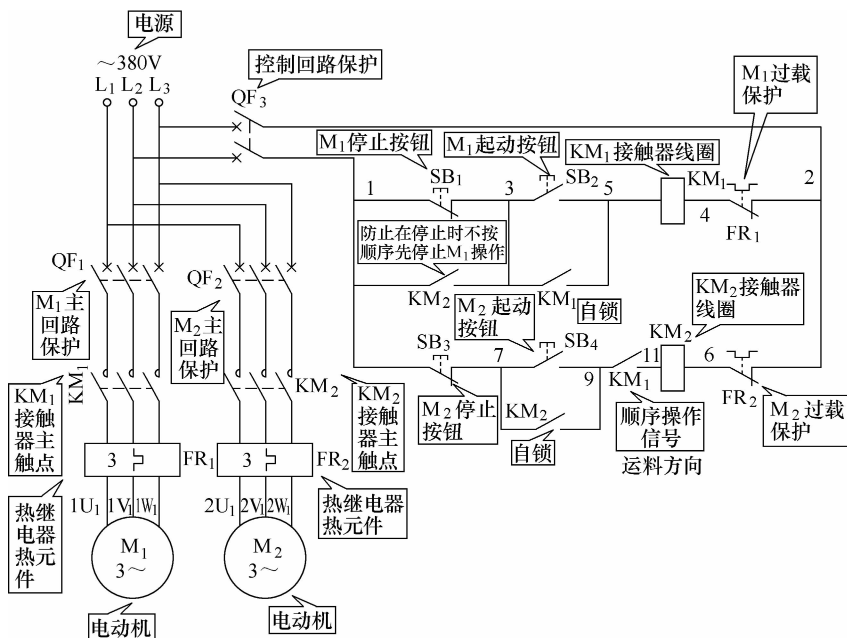


图 9-3　多条传送带运输原料控制电路

电路 154　JZF-01 正反转自动控制器应用电路

JZF-01 正反转自动控制器应用电路如图 9-4 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

工作时接通选择开关 SA，JZF-01 正反转自动控制器得电工作。JZF-01 正反转自动控制器内设置的延时时间为固定式，也就是按以下动作时间循环工作，即正转运转 25s→停止 5s→反转运转 25s→停止 5s→正转运转 25s……一直循环下去。

实际上当 JZF-01 正反转自动控制器得电工作后，其控制器端子⑤脚有输出时，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转；电动机正转运转 25s 后，其控制器端子⑤脚无输出，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转。经控制器 5s 延时后，控制器端子⑦脚有输出时，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转；电动机反转运转 25s 后，其控制器端子⑦脚无输出，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转。再经控制器 5s 延时后，控制器端子⑤脚又有输出时，正转交流接触器 KM_1 线圈又得电吸合，KM_1 三相主触点又闭合了，

电动机又得电正转起动运转了……如此这般循环下去。

停止时只需断开选择开关 SA 即可。

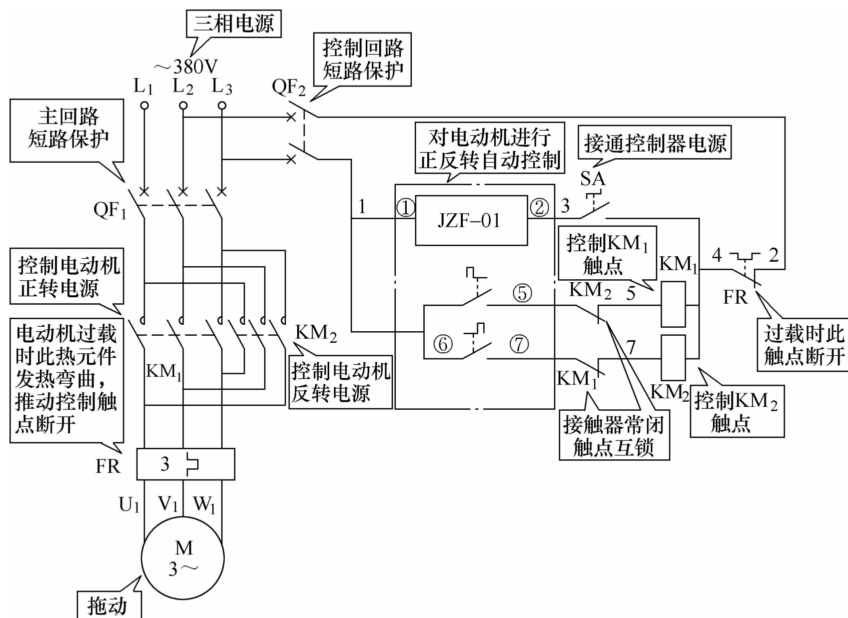


图 9-4　JZF-01 正反转自动控制器应用电路

电路 155　卷扬机控制电路（一）

卷扬机控制电路（一）如图 9-5 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转控制

按下上升（正转）起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电磁制动器线圈得电，制动器打开，电动机得电正转起动运转，带动装置上升。欲停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转且电磁制动器线圈断电，制动器抱住电动机转轴进行制动。当电动机得电正转运转后，将带动装置上升，倘若装置上升至极限位置时，碰块触动上升限位开关 SQ_1，SQ_1 常闭触点（5-7）断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机及电磁制动器失电停止运转且制动器抱住电动机转轴进行制动。

2. 反转控制

按下下降（反转）起动按钮 SB_3（3-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且

KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电磁制动器线圈得电，制动器打开，电动机得电反转起动运转，带动装置下降。欲停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转且电磁制动线圈断电，制动抱住电动机转轴进行制动。当电动机得电反转运转后，将带动装置下降，倘若装置下降至极限位置时，碰块触动下降限位开关 SQ_2，SQ_2 常闭触点（9-11）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机及电磁制动失电停止运转，并且制动抱住电动机转轴进行制动。

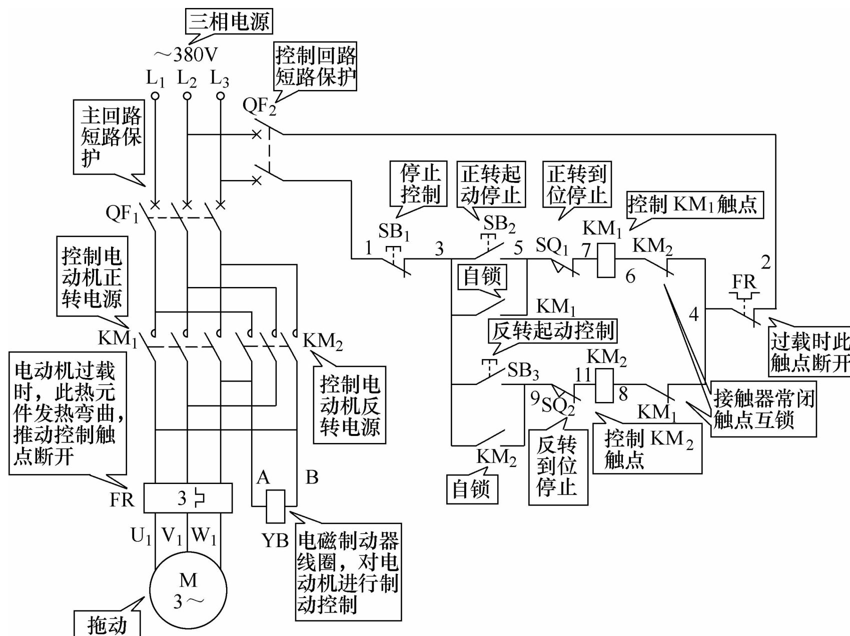


图 9-5　卷扬机控制电路（一）

电路 156　卷扬机控制电路（二）

卷扬机控制电路（二）如图 9-6 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转起动

需提升时，按下正转起动按钮 SB_2（3-5），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机及电磁制动器 YB 线圈同时通电，电磁衔铁被吸合到铁心上，衔铁通过停挡压在制动杆上迫使制动杆移动，使制动器制动瓦松开，电动机得电正转运转，拖动装置上

升。

2. 正转停止

提升过程需停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时电磁制动器线圈断电，制动器在弹簧的作用下使衔铁离开铁心，制动器制动瓦抱住电动机转轴进行制动，拖动装置上升停止。

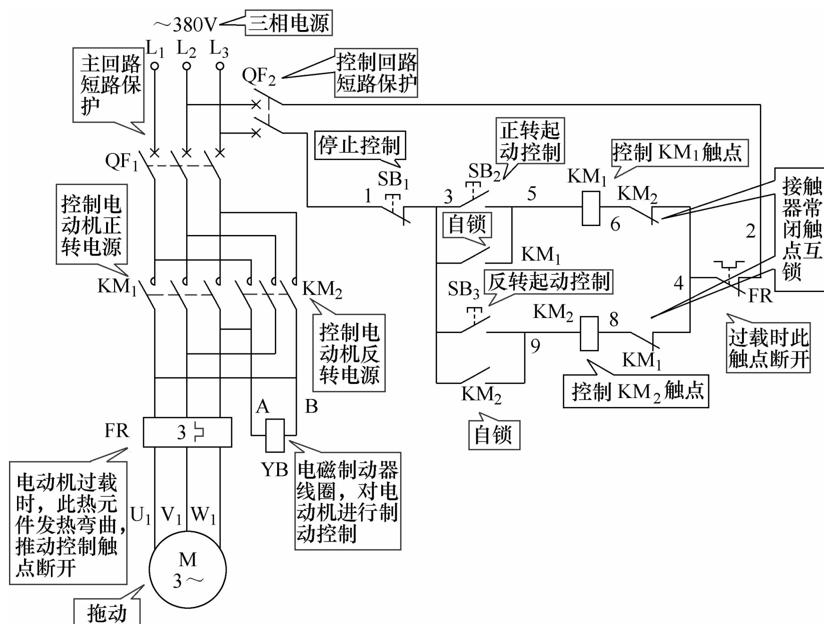


图 9-6 卷扬机控制电路（二）

3. 反转起动

需下降时，按下反转起动按钮 SB_3（3-7），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机及电磁制动器 YB 线圈同时通电，电磁衔铁被吸合到铁心上，衔铁通过停挡压在制动杆上迫使制动杆移动，使制动器制动瓦松开，电动机得电反转运转，拖动装置下降。

4. 反转停止

下降过程需停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时电磁制动器线圈断电，制动器在弹簧的作用下使衔铁离开铁心，制动器制动瓦抱住电动机转轴进行制动，拖动装置下降停止。

电路 157　XMT 型数字显示式温度控制调节仪接线方法

XMT 型数字显示式温度控制调节仪（其外形见图 9-7）应用很广泛，电工在使用该产品时只能按照厂家给出的常规连接方式，不能达到所需的控制要求。对于设有上下限温度控制功能的数字显示式温度控制调节仪，型号如 XMT-121、122、2201、2202 等，按照产品使用说明书提供的接线方法，无法实现上下限温度控制（如图 9-8 所示，主回路未画出），换句话说，厂家在说明书中没有提供该功能的正确电气接线方法。



图 9-7　XMT 型数字显示式温度控制调节仪

现将正确接线方法提供给广大读者参考。将仪器按图 9-9（主回路未画出）正确接线后，把开关拨到“下限设定”位置，再旋转相对应的下限设定电位器，此时数字显示的数值是所需的下限温度值。再把开关拨到“上限设定”位置，旋转相对应的上限设置电位器，此时显示的数值是所需的上限温度值。再把开关拨到“测量”位置，数字显示的数值是实际温度值。当实际值低于下限设定值时，绿灯亮，上下限继电器均为总低通、总高断。上限继电器吸合转态，5、6 常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁，其 KM 三相主触点闭合，加热器得电开始加热。当实际值达到或超过上限设定值时，上下限继电器均为总低断、总

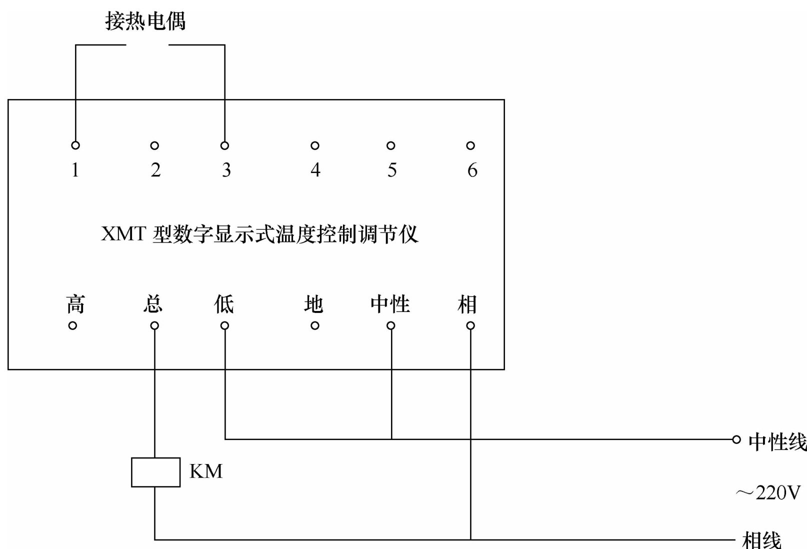


图 9-8　产品说明书提供的接线方法

高通，上下限继电器均停止工作，上限继电器 5、6 常开触点恢复常开状态，交流接触器 KM 线圈失电释放，其三相主触点断开，加热器失电停止加热。当实际值达到或超过下限设定值而仍低于上限设定值时，绿灯红灯均熄灭，下限继电器总低断、总高通，上限继电器仍为总低通、总高断。在此状态下，交流接触器 KM 线圈不能得电吸合，加热器不工作。当实际值低于下限设定值时，绿灯亮，上下限继电器均为总低通、总高断，上限继电器吸合转态。5、6 常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁，其 KM 三相主触点闭合，加热器得电开始加热，重复上述工作，从而实现上下限温度自动控制。

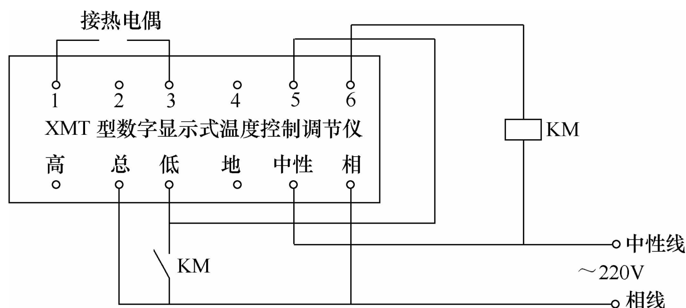


图 9-9　正确接线方法

电路 158　安全保密控制电路

本电路可实现加密控制，如图 9-10 所示。也就是说，在两个不同位置上分别安装起动按钮 SB_2（3-5）、SB_3（5-7），起动操作时必须两只手同时将这两只起动按钮 SB_2（3-5）、SB_3（5-7）按下，方可进行起动操作，以保证设备安全可靠地工作，同时防止他人误按造成设备起动，出现事故，起到安全保密控制。

起动时，同时按下起动按钮 SB_2（3-5）和 SB_3（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

停止时，按下停止按钮

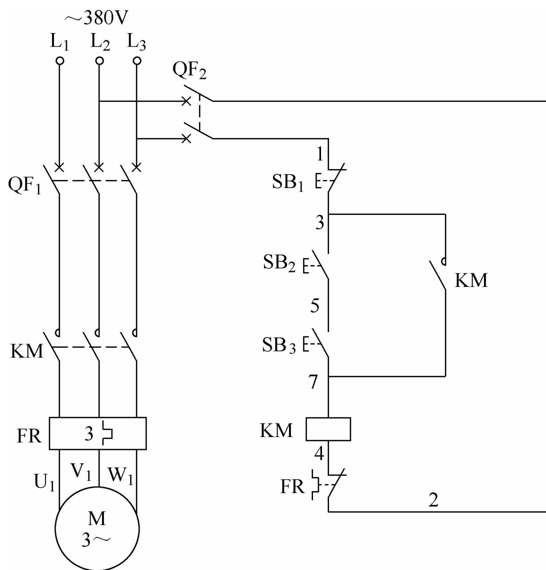


图 9-10　安全保密控制电路

SB_1（1-3），切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

电路 159 交流接触器线圈低电压起动控制电路

有些地方电源电压偏低，但电动机还可以正常运转，只是控制电动机运转的交流接触器线圈不能可靠起动吸合操作。为此，可在交流接触器 KM 线圈回路中串联一只整流二极管，这样，在起动操作时交流接触器 KM 线圈由交流电源操作改为直流电源操作，待交流接触器线圈可靠吸合后可将整流二极管 VD 短接后恢复为交流继续保持，如图 9-11 所示。大家都知道，交流接触器线圈在电压低于 85% 以下时就无法吸合，可一旦线圈吸合后即使电压再低一些，其线圈仍会继续保持吸合工作。

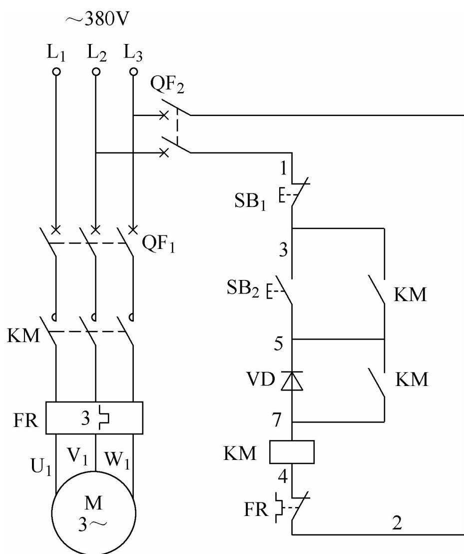


图 9-11 交流接触器线圈低电压起动控制电路

电路 160 电力电容器手动控制完成无功功率补偿电路

本电路中通过手动按钮 SB_1 ~ SB_{10}，控制交流接触器 KM_1 ~ KM_5 对 5 组移相电容器 C_1 ~ C_5 进行投入、切除，以改善电网的功率因数，如图 9-12 所示。电路中，QF_1 为移相电容器总保护断路器，QF_2 ~ QF_6 分别为电容器 C_1 ~ C_5 的保护断路器，QF_7 为控制回路保护断路器，FR_1 ~ FR_5 分别为移相电容器 C_1 ~ C_5 的过载保护。

移相电容器 C_1 的投切控制：按下起动按钮 SB_2，KM_1 得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，移相电容器 C_1 得电投入运行；按下停止按钮 SB_1，KM_1 失电释放，其三相主触点断开，切除移相电容器 C_1 电源，使其退出运行。

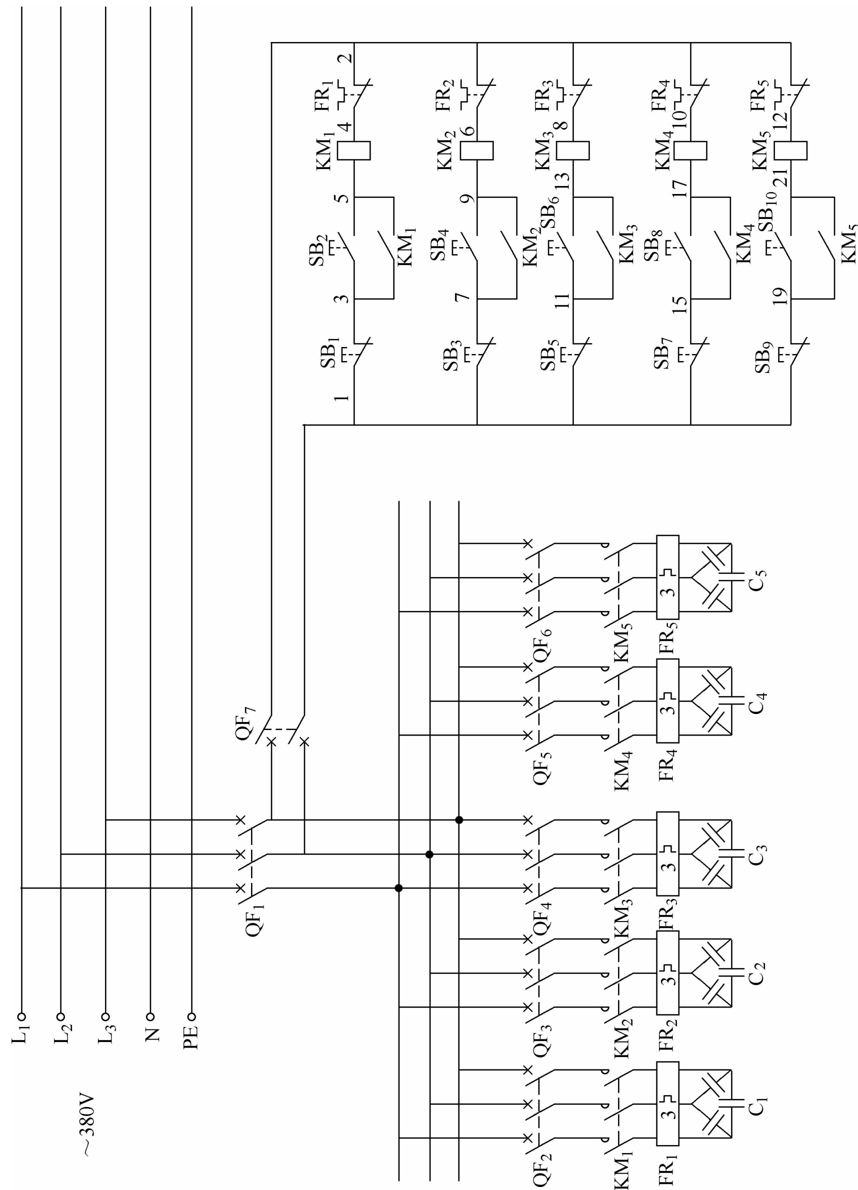


图 9-12　电力电容器手动控制完成无功功率补偿电路

移相电容器 C_2 的投切控制：按下起动按钮 SB_4，KM_2 得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，移相电容器 C_2 得电投入运行；按下停止按钮 SB_3，KM_2 失电释放，其三相主触点断开，切除移相电容器 C_2 电源，使其退出运行。

移相电容器 C_3 的投切控制：按下起动按钮 SB_6，KM_3 得电吸合且自锁，KM_3 三相主触点闭合，移相电容器 C_3 得电投入运行；按下停止按钮 SB_5，KM_3 失电释放，其三相主触点断开，切除移相电容器 C_3 电源，使其退出运行。

移相电容器 C_4 的投切控制：按下起动按钮 SB_8，KM_4 得电吸合且自锁，KM_4 三相主触点闭合，移相电容器 C_4 得电投入运行；按下停止按钮 SB_7，KM_4 失电释放，其三相主触点断开，切除移相电容器 C_4 电源，使其退出运行。

移相电容器 C_5 的投切控制：按下起动按钮 SB_{10}，KM_5 得电吸合且自锁，KM_5 三相主触点闭合，移相电容器 C_5 得电投入运行；按下停止按钮 SB_9，KM_5 得电释放，其三相主触点断开，切除移相电容器 C_5 电源，使其退出运行。

电路 161　用失电延时时间继电器完成的重载起动控制电路

1. 工作原理

有些重载设备在起动过程中，往往会造成热继电器在起动时出现误过载动作。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。起动时，按一下起动按钮 SB_2（3-5）后松开，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放并开始延时，KT 失电延时断开的常开触点（3-7）立即闭合，接通了中间继电器 KA 线圈电源，KA 常闭触点（13-15）断开，KA 所有常开触点（3-9、1-17、02-03、03-04）闭合，其中 KA 的一组常开触点（3-9）闭合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-9）闭合自锁；KA 的另外两组常开触点（02-03、03-04）闭合，短接了热继电器 FR 热元件，使其在起动过程中不至于出现误动作；KA 的又一组常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明热继电器热元件已被短接起来了。这样，在热元件被短接后，交流接触器 KM 三相主触点也同时闭合，接通电动机三相电源，电动机得电起动工作。与此同时，KM 辅助常闭触点（1-11）断开，切断了电动机停止兼电源指示灯 HL_1 电源，HL_1 灭，说明电动机正在起动；经失电延时断开的常开触点（3-7）一段延时后，KT 触点断开，中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，KA 并联在热元件上的两组常开触点（02-03、03-04）断开，解除对热元件的短接，使其投入正常工作，以保证在电动机正常起动后出现过载而起到保护作用；KA 串联在指示灯 HL_3 回路中的常开触点（1-17）断开，指示灯 HL_3 灭，说明热元件短接已被解除；KA 串联在指示灯 HL_2 回路中的常闭触点（13-15）恢复常闭状态，使指示灯 HL_2 点

亮，说明电动机已正常运转了；KA 并联在 KM 自锁回路中的常开触点（3-9）断开，为电动机停止提供条件。在电动机起动运转过程中，电流表 PA 将有正确指示，以直观的方式告知电动机实际运行电流。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 9-13 所示。

图 9-13　用失电延时时间继电器完成的重载起动控制电路

电路 162　电动葫芦电气控制电路

在工矿企业中，安装、维修、吊运等常常采用小型电动葫芦，通常电气控制部分都自行制作，所以应用很广泛。本电路详尽地介绍了电动葫芦的工作原理并加装了工作指示灯，可供读者在制作时参考。

图 9-14 中，电动机 M_1 为吊钩升降电动机，用来提升货物，由接触器 KM_1、KM_2 进行正反转控制，以实现吊钩升降，同时指示灯亮，指示工作状态。YB 为吊钩电动机 M_1 的电磁制动器，它的线圈两端与电动机 M_1 的两相电源线并联在一起，当 M_1 得电时，YB 也得电并松制动，让电动机 M_1 转动；M_1 失电时，YB 也失电，靠弹簧力将 M_1 制动。

SB_1（1-3）、SB_2（11-13）为吊钩电动机 M_1 的正反向复合起动按钮，正反向接触器 KM_1、KM_2 线圈电路间采用复合按钮和接触器双重连锁。由于无自锁触点，因此松开按钮 SB_1 或 SB_2，KM_1 或 KM_2 就断电释放，电动机 M_1 就失电停止转动。SQ_1（5-7）、SQ_2（13-15）为上、下限位开关。

M_2 为移动机构电动机，用来水平移动货物，由接触器 KM_3、KM_4 进行正反

转控制，同时有指示灯指示现场工作状态，采用复合按钮和接触器双重连锁，实现电动机 M_2 的水平移动，M_2 停止时不需要电磁制动，控制电路中设有限位开关 SQ_3（21-23）、SQ_4（29-31）进行限位保护，防止电动葫芦移位时超出允许行程。

图 9-14 电动葫芦电气控制电路

图 9-14 中，HL_1 为吊钩上升指示灯，HL_2 为吊钩下降指示灯，HL_3 为移动机构水平向前指示灯，HL_4 为移动机构水平向后指示灯，其工作电压为 220V。

电路 163 电动机Y-△节电转换控制电路

这里介绍电动机Y-△节电转换控制电路，当操作者将操纵杆设置在空挡位置时，它能延时自动由△转为Y联结，起到节电目的。

如图 9-15 所示，起动时，无论操纵杆设置在空载或运行位置，电动机均能起动，只不过是，当操纵杆设置在空载时，电动机为Y起动运转；当操纵杆设置在运行位置时，电动机为△起动运转。

倘若操纵杆设置在空载起动时，则按下起动按钮 SB_2（3-5），电源交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时Y交流接触器 KM_2 线圈也得电吸合，KM_1、KM_2 各自的三相主触点均闭合，电动机绕组接成Y运转。若电动机Y起动运转后，操作者将操纵杆设置在运行位置上，此时，操纵杆将限位开关 SQ 常开触点（5-11）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈得电吸合，KT 串联在 KM_2 线圈回路中的失电延时闭合的常闭触点（5-7）立即断开，切断了 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相

主触点断开，解除丫点；同时 KT 串联在 KM_3 线圈回路中的失电延时断开的常开触点（5-13）立即闭合，接通了△交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，使电动机绕组连接为△，电动机△运转。

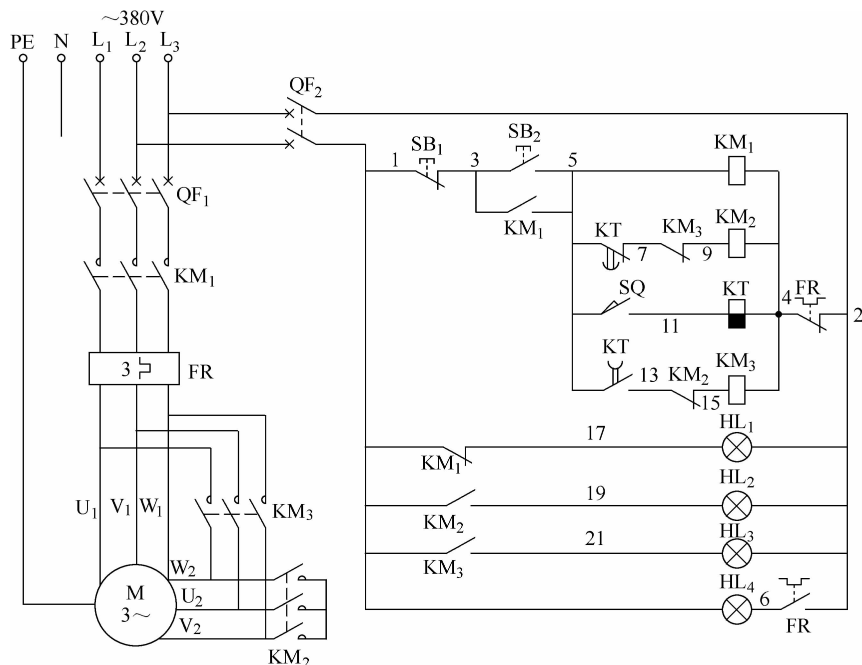


图 9-15　电动机丫-△节电转换控制电路

在工作中，操作者因其他原因临时停止工作时，一般将操纵杆拉到空挡位置而不停机（因电动机功率较大，一般不停止电动机），这样电动机仍以△方式运转，造成大量电能的浪费。

图 9-15 所示电路可以很好地解决这一问题，当操纵杆拉到空挡位置时，限位开关 SQ 常开触点（5-11）断开，切断了失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放并开始延时，经 KT 延时后（其延时时间可根据实际情况自行设定），KT 串联在△形交流接触器 KM_3 线圈回路中的失电延时断开的常开触点（5-13）断开，切断了 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，解除△联结；同时，KT 串联在丫交流接触器 KM_2 线圈回路中的失电延时闭合的常闭触点（5-7）闭合，接通了 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组接成丫运转。从而使电动机在空挡时自动由△运转改为丫运转，这样可节约大量电能。

电路 164　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

1. 工作原理

通常用于建筑的混凝土搅拌机的控制电路需多只电气元件组成正反转来对它进行控制，电路中介绍的 JS11PDN 型数字式时间继电器实际上就是一个成品的搅拌机控制器。

合上断路器 QF，接通三相交流 380V 电源，电路处在热备用状态。

按下起动按钮 SB_2（7-9），搅拌机控制器 KT 得电工作，按照内置正转→停→反转→停……循环并定时，当运转时间到了设定时间后，KT 自动切断其内部控制电路，使其停止运转。当需要停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 9-16 所示。

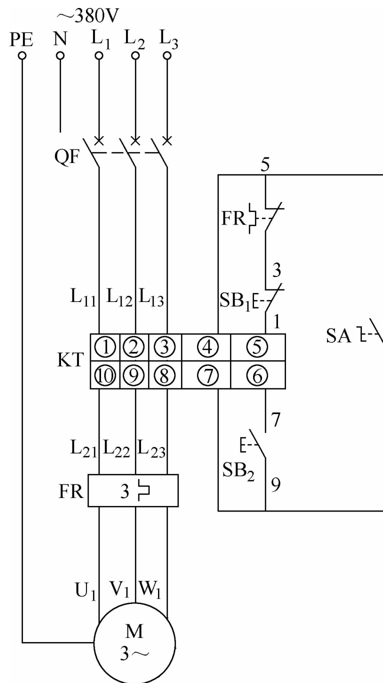


图 9-16　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

电路 165　电动机浸水、过热停止保护电路

当在通电运行的电动机内出现浸水或过载发热时，如果电动机不能立即停止下来，将会发生更严重的事故。现介绍一种防止电动机浸水、过热停止保护电路。其控制电路如图 9-17 所示。

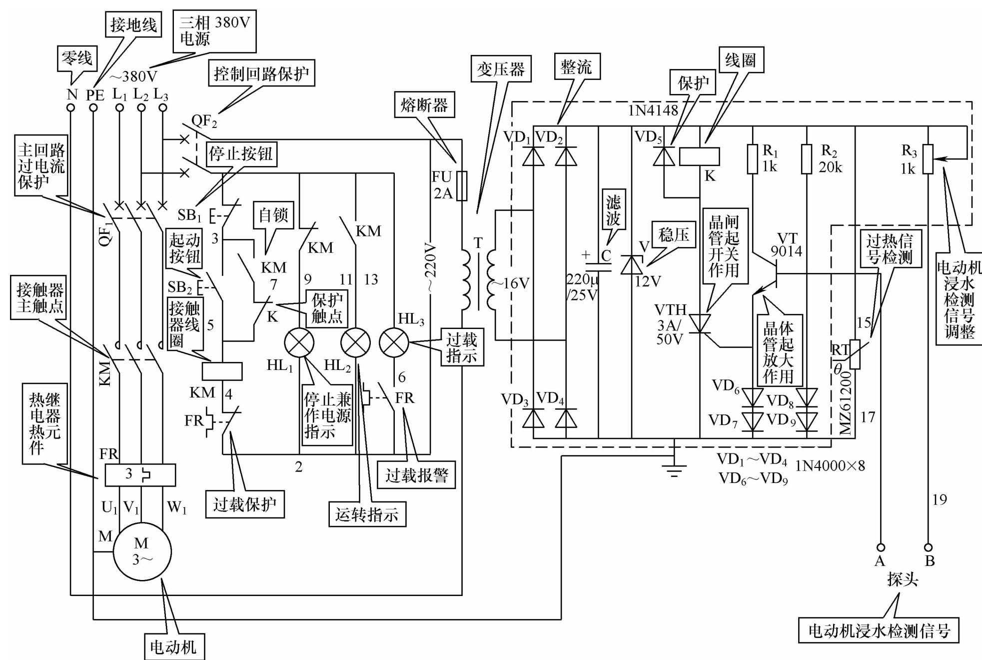


图 9-17　电动机浸水、过热停止保护电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止且电源有电。

1. 起动

起动时按下起动按钮（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-7）自锁，KM 三相主触点闭合，主电路电源被接通，电动机通以三相交流电源而起动运转。同时指示灯 HL_2 亮，说明电动机已运行工作。

2. 无过热、浸水故障时

现在电动机绕组内的正温度系数的热敏电阻 RT 没有受高温变化，所以其阻值非常小，从而说明电动机没有过热，所以晶体管 VT 仍处在截止状态，无法触发晶闸管 VTH，VTH 因无触发信号而关断，小型灵敏继电器 K 线圈不能吸合动作，K 串联在接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）仍处于闭合状态，对电动机控制回路不作控制；另外，探头 A、B 因没有浸水而没有被短接，那么晶体管 VT 不导通，晶闸管 VTH 仍阻断，小型灵敏继电器 K 线圈因得不到电源而不吸合，其常闭触点仍处于常闭状态，对电动机控制回路不起控制。

3. 断相过热保护

当电动机绕组出现过热时（超出允许温升），埋在电动机绕组内的正温度系数热敏电阻 RT 的组值会突然增大至几百乃至上千倍，立即改变了电阻 RT 与 R_2 的分压比，比而将晶体管 VT 的基极电压抬高了很多，晶体管 VT 迅速饱和导通，触发晶闸管 VS 导通，使小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合，K 常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈电源，KM 断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，使电动机绕组不因过热而被烧毁。

4. 浸水保护

当探头 A、B 两端被水短接后，晶体管 VT 因电位器 RP 提供的基极电流而饱和导通，并将晶闸管触发导通后，小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合动作，K 串联在交流接触器线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电退出运行，从而起到电动机浸水时的保护作用。

5. 过载保护

当运行中电动机出现过载时，热继电器 FR 热元件发热弯曲，推动其控制触点动作，FR 常闭触点（2-4）断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，使 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止工作。同时 FR 常开触点（2-6）闭合，接通过载指示电路，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已过载。

图 9-17 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，HL_2 为电动机运转指示灯，HL_3 为电动机过载指示灯。

电路 166　开机信号预警电路之一

有些设备在开机前为保证操作人员的安全，需先发出预警信号再延时自动起动电动机，以告知他人远离设备。图 9-18 所示为开机信号预警电路。

开机时，按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 和得电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KA 常开触点（3-5）闭合自锁，KA 另一对常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_3 亮、电铃 HA 响，发出预警信号，以告知他人此设备准备开机运转。经得电延时时间继电器 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（3-9）闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机通以三相交流电源起动运转；同时，KM 串联在 KA、KT 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了 KA、KT 线圈回路电源，KA、KT 线圈断电释放，KA 常开触点（1-15）断开，指示灯 HL_3 灭，电铃 HA 停止鸣响，预警解除；KM 另一对辅助常闭触点（1-11）断开，停止兼电源指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。

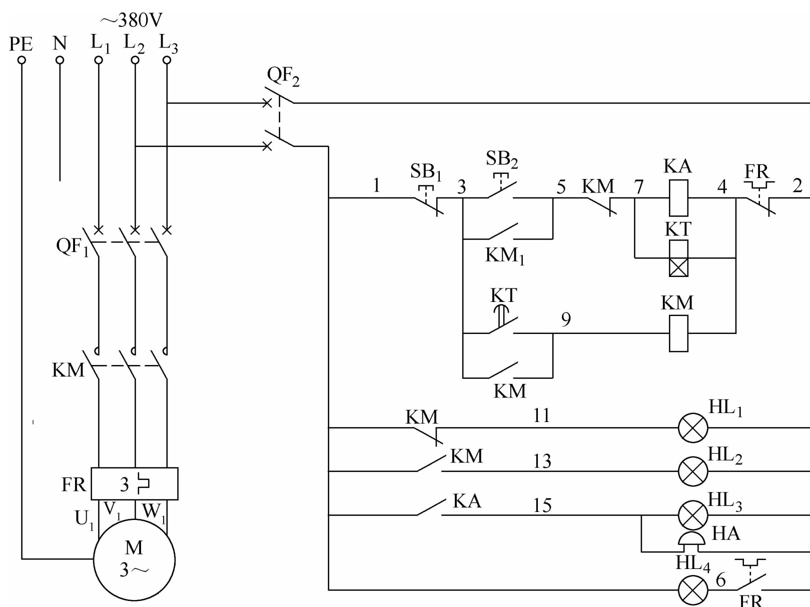


图 9-18　开机信号预警电路

电路 167　开机信号预警电路之二

开机信号预警电路如图 9-19 所示，开机时，按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 和得电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合，且 KT 不延时瞬动常开触点（3-9）与中间继电器 KA 常开触点（5-9）均闭合串联组成自锁回路，KT 开始延时。此时，预警电铃 HA 响、预警灯 HL 亮，以告知人们设备就要起动开机了。

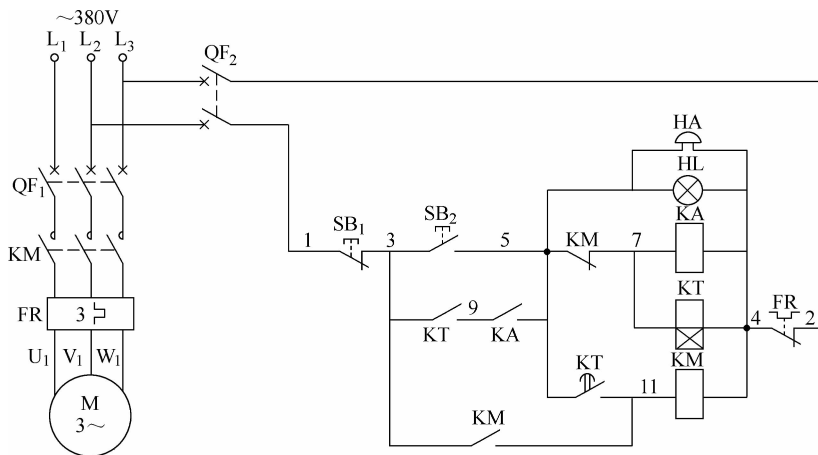


图 9-19　开机信号预警电路

经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5-11）闭合，接通交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转了。与此同时，KM 辅助常闭触点（5-7）断开，切断中间继电器 KA 和得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KA 和 KT 线圈断电释放，其各自的所有触点恢复原始状态，预警电铃 HA 停止鸣响，预警灯 HL 熄灭，解除预警信号。

第 10 章

保 护 电 路

电路 168 GT-JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路

大家知道，热继电器通常作为电动机过载、断相（必须是带有断相保护的热继电器）保护，但是在电动机出现三相不平衡或堵转时，不能及时起到保护作用，往往会使电动机得不到保护而烧毁。而 GT-JDG1（工泰产品）保护器可解决上述问题，它实际上是一个集断相、过载、堵塞、三相不平衡等保护为一体的综合保护器，是替代过载热继电器的极佳产品。

GT-JDG1 保护器应用线路很简单，在端子 95、98 外接一起动、停止控制电路，与交流接触器线圈串联即可。注意，95、98 端子实际上就是保护器输出的无源常开保护触点，只要有故障，那么保护器就动作，内部继电器就吸合动作，其常闭触点断开，通过端子 95、98 连接至外面，控制外接交流接触器线圈断电，从而断开电动机三相电源，起到保护作用。如图 10-1a 所示。电路中变压器可不用，而直接采用 220V 或 380V 交流接触器，但交流接触器线圈电压则必须与其控制电压相同。

本例中介绍的电路是 GT-JDG1-16 型产品，实际选型时可根据电动机功率自行选择，通常有 16A、20A、120A、160A 和 600A 多种型号供选择。

在使用中，有时电动机功率较大，而手头上现有的保护器容量较小，不能直接应用，可采用配合电流互感器的方式解决。具体电路如图 10-1b 所示。

现对图 10-1a 所示电路作一简单原理叙述。

工作时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且其常开触点（3-5）闭合自锁，说明电动机及电源均无故障（内部继电器常开触点已在操作之前闭合了），此时，交流接触器 KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

当电路出现断相、过载、堵转、三相不平衡等故障时，保护器内部继电器动作，端子 95、98 内接触点断开，从而切断了外接交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。

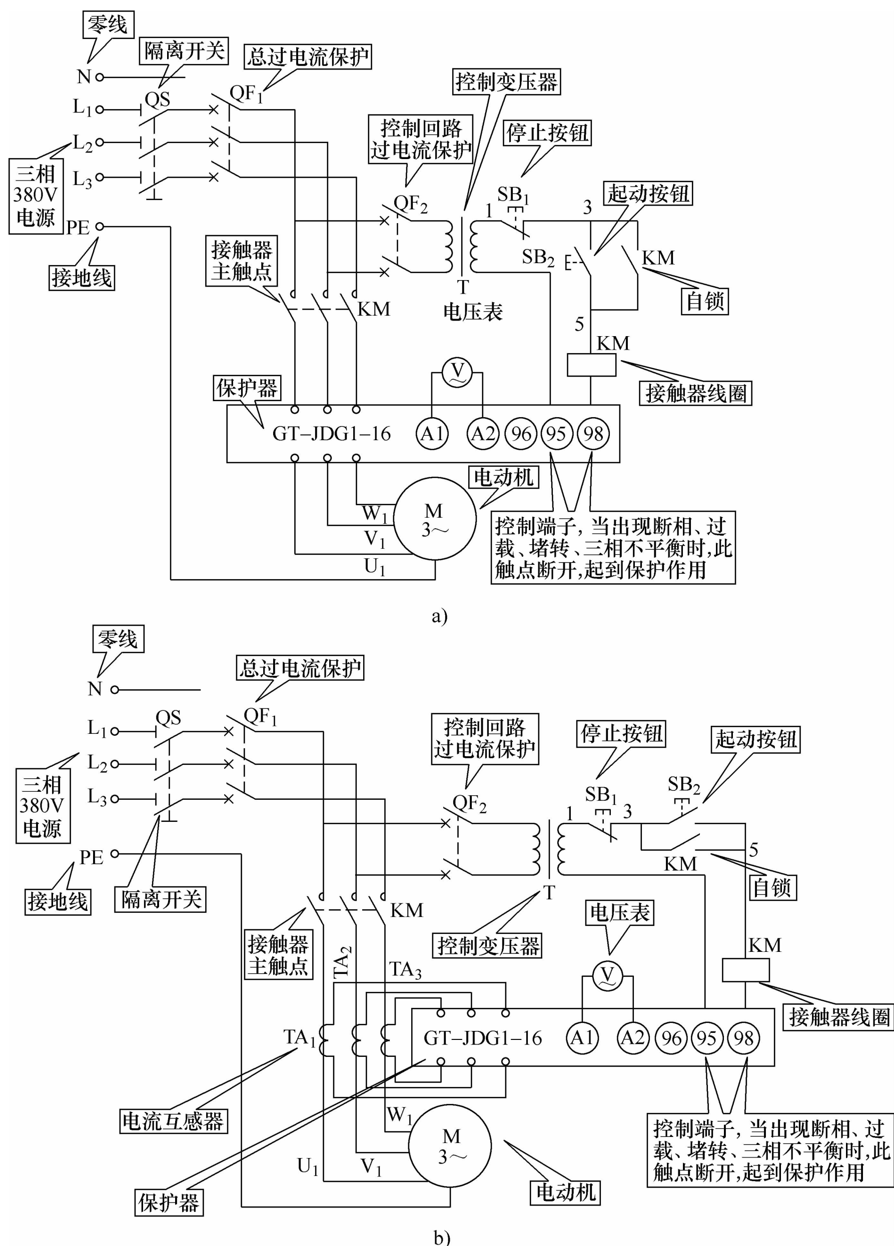


图 10-1 GT-JDG1（工泰产品）电动机保护器应用电路

a）常用应用电路 b）配合电流互感器使用的应用电路

电路 169 新中兴 GDH-30 数显智能电动机保护器应用电路

新中兴 GDH-30 数显智能电动机保护器除了具有过载、断相、堵转等保护功

能外，还能有效地对电路进行三相电流不平衡度监视、三相电流的动态监视、最大电流值监视及起动时间监视。所以说，此保护器是一种理想的智能型电动机保护器。其控制应用电路如图10-2所示。

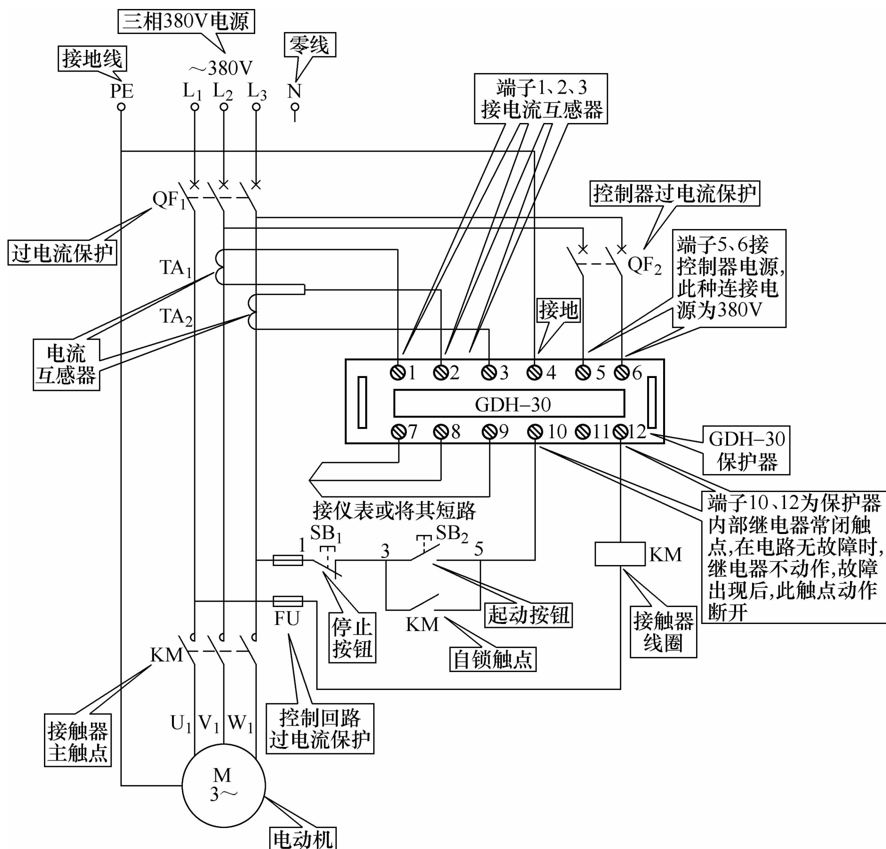


图10-2　新中兴GDH-30数显智能电动机保护器应用电路

首先对GDH-30产品的外接端子作一介绍：端子1、2、3接电流互感器TA_1、TA_2；端子4接地PE线；端子5、6接工作电源，本电路为380V；端子7、8、9串接电流表，不用时必须将其用导线全部短接起来；端子10、12为内部继电器常闭触点，与外接控制电路串联即可。

当电路电源正常时，保护器内部继电器不动作，其常闭触点闭合，为起动控制做准备。此时，按下起动按钮SB_2（3-5），交流接触器KM线圈得电吸合且常开触点（3-5）闭合自锁，KM三相主触点闭合，电动机得以三相电源起动运转；当电路出现过载等故障时，电流互感器TA_1、TA_2互感电流变大，保护器动作，内部继电器线圈得电吸合，其常闭触点断开（端子10、12），及时切断交流接触器KM线圈回路电源，KM三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保

护作用。

电路中，QF_1 断路器可根据电动机实际容量选择；QF_2 断路器通常可选用 DZ47-63 型 6A；FU 熔断器可选用 RT14 或其他型号的产品，熔芯为 2A。

电路 170　JD-5 电动机综合保护器接线

JD-5 电动机综合保护器应用非常广泛，当电动机在运转中出现断相、过电流时，综合保护器内部触点动作切断控制交流接触器 KM 线圈回路电源，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，从而及时切断电动机电源，使其停止运转，起到保护作用。其具体接线如图 10-3 所示。

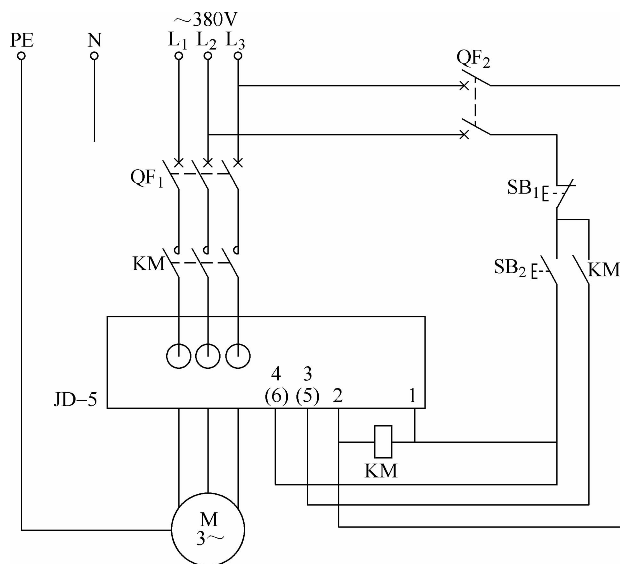


图 10-3　JD-5 电动机综合保护器接线

电路 171　CDS11 系列电动机保护器应用电路

这里采用 CDS11 系列电动机保护器，对电动机在过载、堵转、断相、三相不平衡故障时起保护作用。

图 10-4 所示为手动按钮控制的 CDS11 电动机保护电路。

合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼作电动机停止指示灯 HL_1 亮，说明电动机电源正常。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，此时，电动机保护器投入电路运行；同时 KM 辅助常闭触点（1-7）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-9）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运

转了。

当电动机在运转过程中出现过载、堵转、断相或三相不平衡故障时，CDS11 电动机保护器内部继电器动作，其内部常闭触点断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源。KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时 KM 辅助常开触点（1-9）断开，指示灯 HL_2 灭，KM 辅助常闭触点（1-7）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止了。

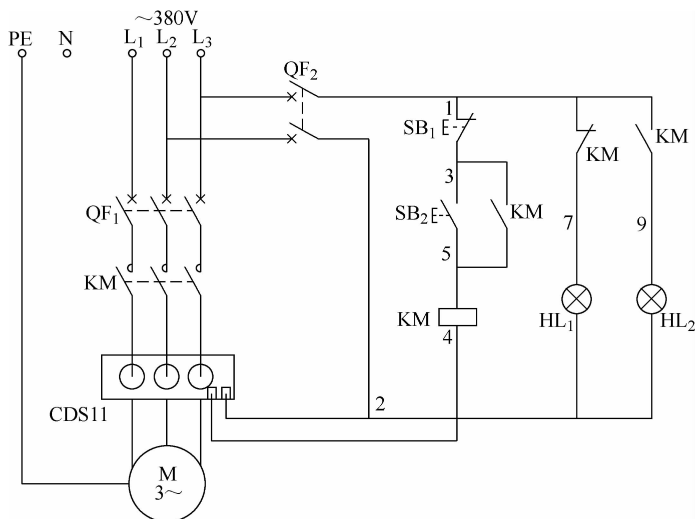


图 10-4　手动按钮控制的 CDS11 电动机保护电路

电路中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，HL_2 为电动机运转指示灯。

电路 172　CDS8 系列电动机保护器接线

有的设备对电源相序要求非常严格，不能出现相序错误，CDS8 系列电动机保护器具有此功能。其具体接线如图 10-5 所示。

图 10-5 中，HL_1 为电源兼作电动机停止指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机断相、相序错误故障外接指示灯。

电路 173　增加一只中间继电器作电动机断相保护电路

为了防止电源断相而造成电动机断相运行烧毁，采用增加一只中间继电器 KA 的方法来完成对电动机的断相保护，如图 10-6 所示。

合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼停止指示灯 HL_2 亮，说明 L_2、L_3 相电源正常。

按下起动按钮 SB_1（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触

点（01-03）闭合，中间继电器 KA 线圈也得电吸合，KA 并联在起动按钮 SB_1（3-5）上的常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，同时 KM 辅助常闭触点（1-7）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。与此同时，KA 常开触点（1-11）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电源 L_1、L_3 相电源正常。

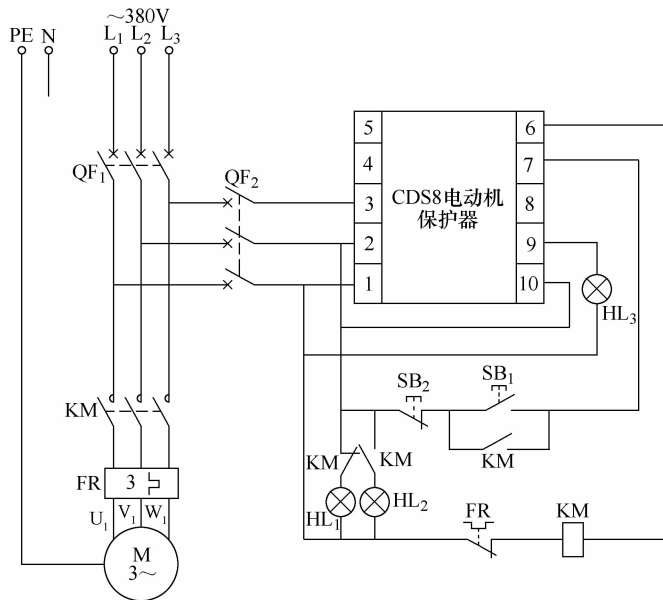


图 10-5　CDS8 系列电动机保护器接线

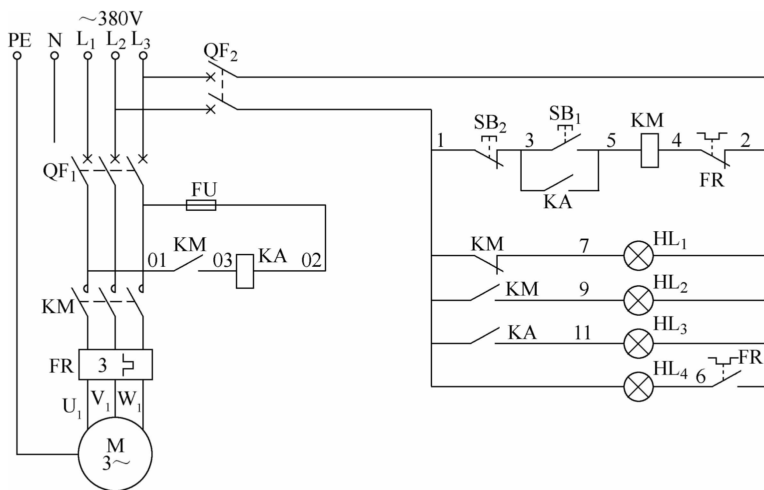


图 10-6　增加一只中间继电器作电动机断相保护电路

当电源 L_1 相出现断相时，中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 作为 KM 线圈回路自锁常开触点（3-5）断开，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而对电动机进行断相保护。

当电源 L_2 相出现断相时，使控制电路失电，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，能及时对电动机进行断相保护。

当电源 L_3 相出现断相时，使交流接触器 KM、中间继电器 KA 线圈同时断电释放，KM 三相主触点断开，对电动机进行断相保护。

从以上电路分析看，无论电源任何一相出现断相时，均会起到保护作用。

图 10-6 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，HL_2 为电动机运转指示灯，HL_3 为中间继电器动作指示灯，HL_4 为电动机过载指示灯。

电路 174　XJ_3 系列断相与相序保护继电器接线

XJ_3 系列断相与相序保护继电器具有断相、相序错误保护功能。其具体应用接线如图 10-7 所示。XJ_3 端子 1、2、3 分别接三相电源 L_1、L_2、L_3 相上，端子 5、6 为保护继电器内部常开触点，端子 7、8 为故障报警外接触点。

图 10-7 中，HL_1 为电源兼电动机停止指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为故障外接指示灯。

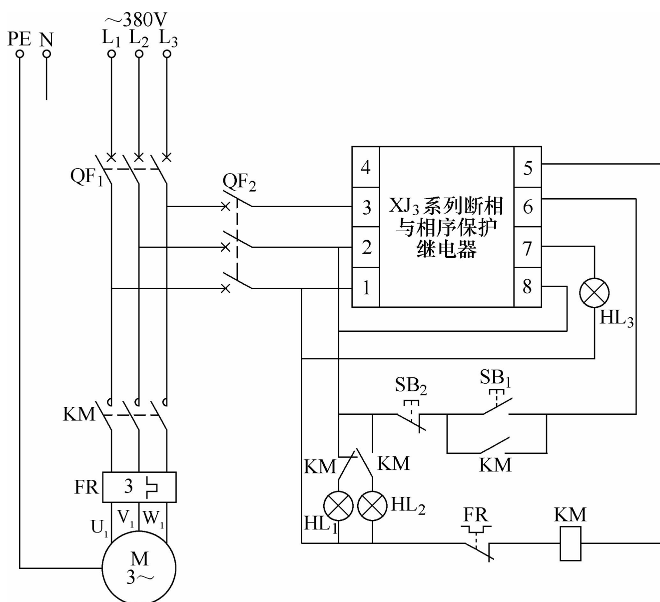


图 10-7　XJ_3 系列断相与相序保护继电器具体应用接线

电路 175　电动机多功能保护电路

电动机因过载，特别是断相而烧毁，是电工人员很头痛的问题，现介绍一种电动机多功能保护电路，它集过载保护、短路保护、断相保护于一身，是保护电动机的理想控制电路，如图 10-8 所示。

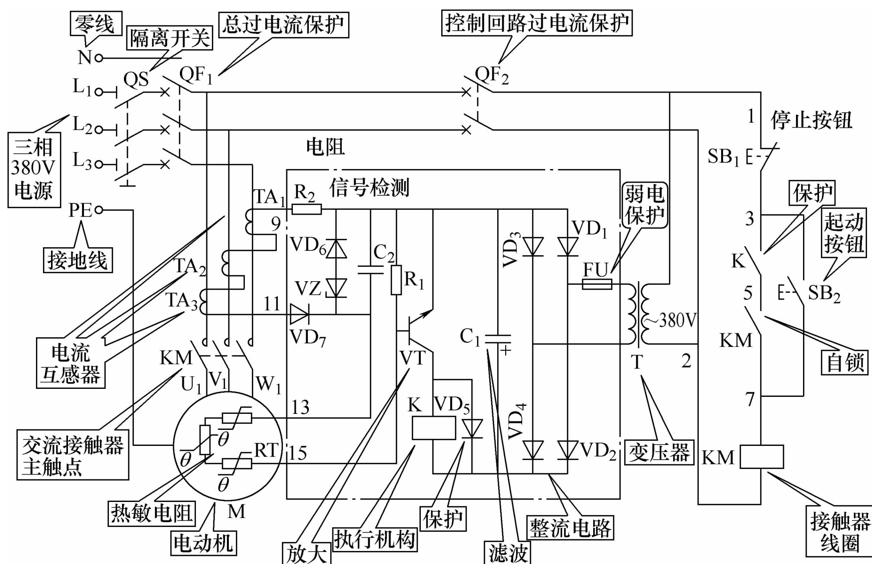


图 10-8　电动机综合保护电路

保护电路由电源部分、电流检测部分、放大执行部分组成。

无过电流断相过热时，通过电流互感器 TA_1、TA_2、TA_3 检测到电流经 R_2、VD_6、VD_7、VZ、C_2、R_1、RT 使晶体管 VT 得以偏置电压，VT 导通，执行机构小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合动作，其常开触点（3-5）闭合，为电动机控制电路工作提供准备。此时可按下起动按钮 SB_2（3-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转正常工作。

当断相、过电流或过热（RT 内阻变大）时，电阻 R_1 两端的电压降低，使晶体管 VT 截止，小型灵敏继电器 K 线圈断电释放，K 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常开触点（3-5）断开，使交流接触器线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。

电路中 FU 为弱电回路保护熔断器；VD_1 ~ VD_4 为整流二极管；C_1 为滤波电容；VD_5 为保护二极管。

电路176　电动机固定转向控制电路（一）

1. 工作原理

当端子L_1、L_2、L_3通入三相380V电源后，将断路器QF_2合上，若相序正确（即正相序）时，E点的交流电压高达20多伏，经VD_1～VD_4桥式整流，电容C_2、C_3滤波，三端稳压器IC得以+12V直流电源，使小型灵敏继电器K线圈得电吸合，K的两对常开触点闭合，常开触点（5-7）闭合，为控制回路提供条件；常开触点（1-13）闭合，指示灯HL_3亮，说明电源为正相序。

若相序不正确（即逆相序）时，E点的交流电压很低（仅有几伏），使后级得不到能够驱动小型灵敏继电器K线圈的电压，所以，小型灵敏继电器K线圈不能吸合动作，K常开触点（5-7）断开，切断了交流接触器KM线圈回路电源，使KM线圈控制回路断路，使其不能形成回路工作，起到保护作用。

合上主回路断路器QF_1、控制回路断路器QF_3，电源兼电动机停止指示灯HL_1点亮，说明电源有电且电动机处于停止状态。

此时若正相序指示灯HL_3亮，说明电源相序正确，可按下起动按钮SB_2（3-5），此时交流接触器KM线圈回路在K常开触点（5-7）（早已闭合了）的作用下得电吸合且KM辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM三相主触点闭合，电动机得电起动运转；同时KM辅助常闭触点（1-9）断开，指示灯HL_1灭，KM辅助常开触点（1-11）闭合，指示灯HL_2亮，说明电动机已起动运转了。

若相序为逆相序，指示灯HL_3灭，K串联在交流接触器KM线圈回路中的常开触点（5-7）断开，切断了交流接触器KM线圈回路电源，将限制KM线圈使其不能投入工作，则需恢复电源相序正确后，方可进行操作。

电路中，HL_1为电源兼电动机停止指示灯；HL_2为电动机运转指示灯；HL_3为正相序指示灯；HL_4为电动机过载指示灯，当电动机出现过载动作后，此灯被点亮，说明电动机过载了。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图10-9所示。

电路177　电动机固定转向控制电路（二）

电动机固定转向控制电路如图10-10所示。

首先合上主回路断路器QF_1、控制回路断路器QF_2，为电路工作提供准备条件。

正相序时，CQX-1动作，其内部继电器K动作，K常闭触点断开，常开触点闭合，此时按下起动按钮SB_2（5-7），交流接触器KM_1线圈得电吸合且KM_1辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电（正相序）

运转，拖动设备正常工作。

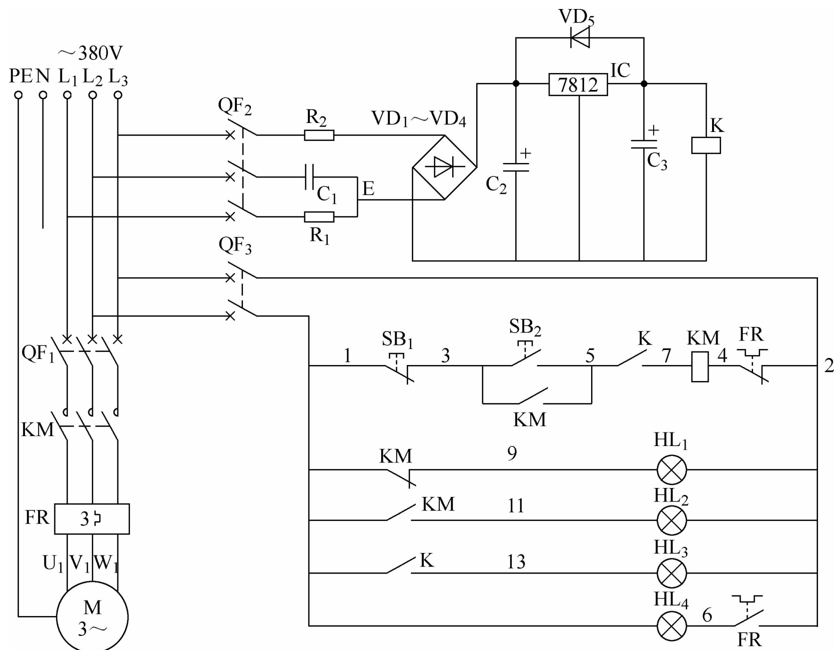


图 10-9　电动机固定转向控制电路（一）

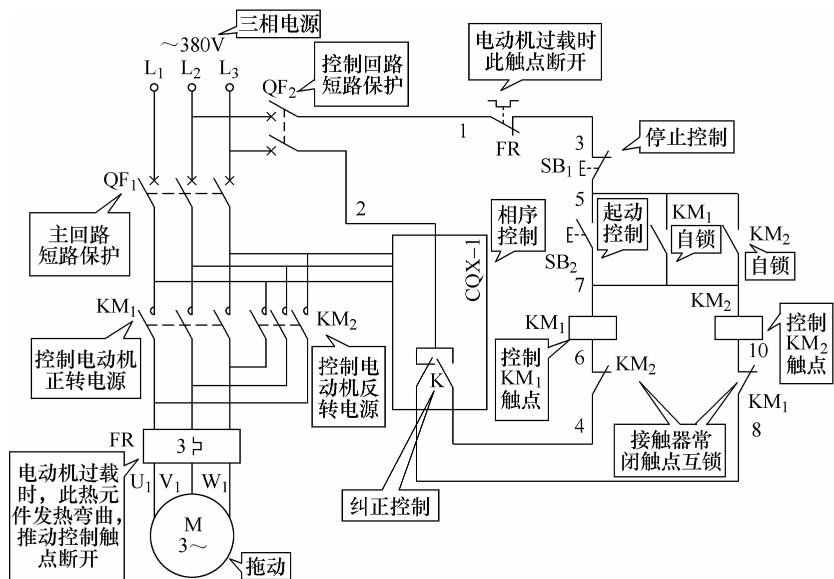


图 10-10　电动机固定转向控制电路（二）

逆相序时，CQX-1 不动作，其内部继电器 K 恢复原始状态，K 常闭触点恢复常闭，此时按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电（因电网已反相序，再通过 KM_2 将反相序又纠正了过来，即反反得正，又成为正相序了）正常运转，拖动设备正常工作。

电路 178　双路熔断器起动控制电路

使用熔断器作为电动机短路保护其容量很难选择，选得过大，起不到保护作用，选得过小，又避不开起动电流，可采用双路熔断器起动控制电路来解决，如图 10-11 所示。电路中 FU_2 的容量远远地大于 FU_1，也就是说，在起动时，FU_1 和 FU_2 并联起来全部投入工作，可避开起动时由于起动电流过大烧断熔断器的问题，待电动机起动完毕而正常运转时，再将容量较大的熔断器 FU_2 切除，使容量较小的熔断器 FU_1 继续投入电路工作，起到短路保护作用。

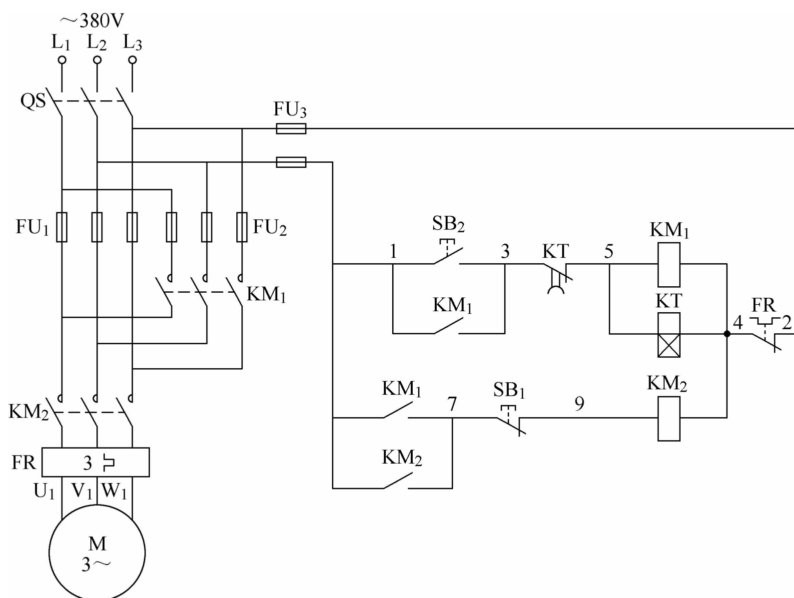


图 10-11　双路熔断器起动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（1-3），交流接触器 KM_1 和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-3）闭合自锁，KM_1 辅助常开触点（1-7）也闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1-7）

闭合自锁，KM_1 和 KM_2 各自的三相主触点闭合，电动机得电起动运转。此时，两组熔断器 FU_1 和 FU_2 并联投入工作，可避开电动机起动电流。与此同时，KT 开始延时，经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，使 KM_1 和 KT 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，将熔断器 FU_2 退出，这时的电动机回路中只有容量较小的 FU_1 投入工作，能可靠地对电动机进行短路保护作用。

电路 179　电动机绕组过热保护电路

本电路中热敏电阻附在电动机绕组上，当电动机出现过载或断相故障时，电动机电流必然增大，其绕组温度升高，热敏电阻呈现为高阻抗，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，并解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到过热保护作用，如图 10-12 所示。

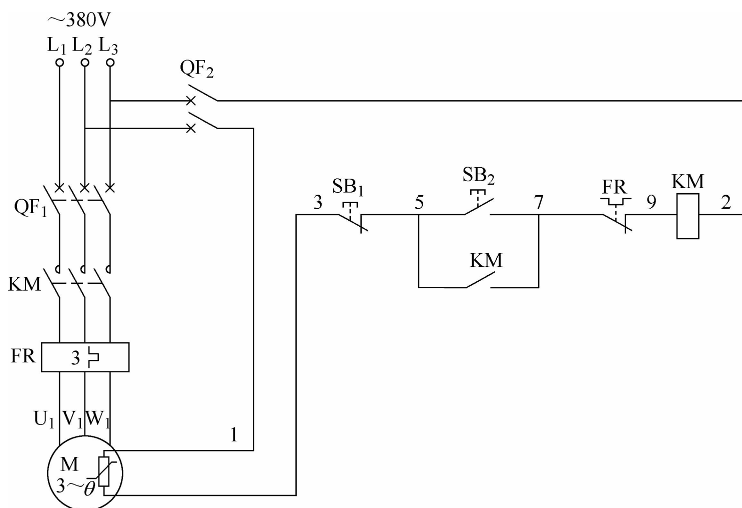


图 10-12　电动机绕组过热保护电路

电路 180　防止抽水泵空抽保护电路

众所周知，有时蓄水池内水被抽光后，水泵仍不停继续工作，出现空抽问题，为此，本电路增加一空抽保护电路即可解决，如图 10-13 所示。

当蓄水池内的水位低至下限值时，水位探头 A、B 呈断路状态，使中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点（3-7）断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，并解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，水泵停止抽水，起到防止空抽保护作用。

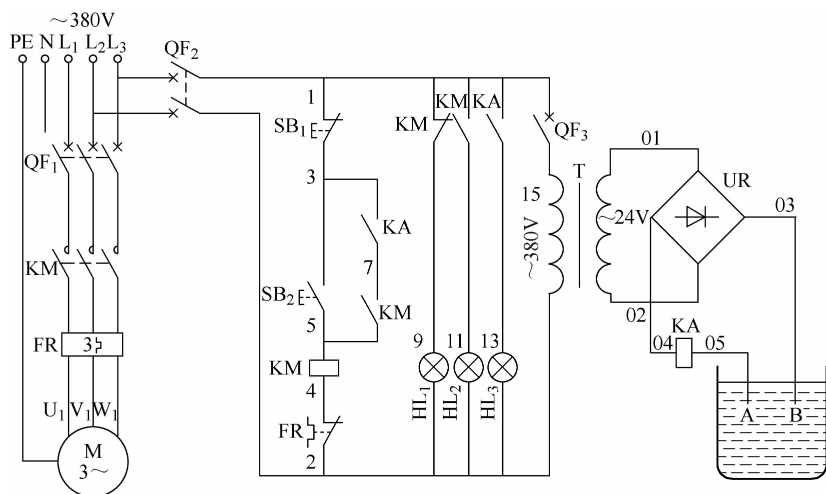


图 10-13　防止抽水泵空抽保护电路

电路 181　用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护

本电路用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护，如图 10-14 所示。电路中 PTC 热敏电阻可附在电动机绕组上，以控制电动机绕组的过热情况。

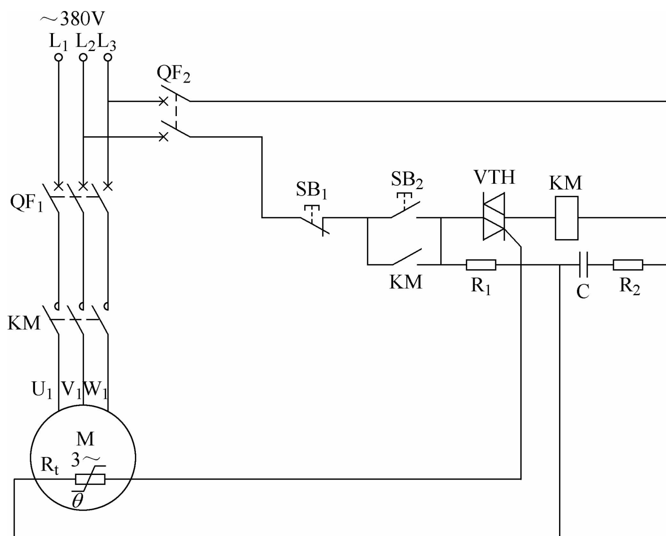


图 10-14　用 PTC 正温度系数热敏电阻对电动机进行过热保护

当电动机绕组温度正常时，PTC 热敏电阻为低阻状态，为双向晶闸管 VR 导通提供触发条件。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 线圈因 VTH 导通而得电吸合且自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

当电动机出现异常时，其电流增大，导致绕组温度升高，PTC 热敏电阻呈高阻状态，切断双向晶闸管 VTH 触发信号，VTH 关断，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到过热保护作用。

电路 182　XJ3-2、5、G 型断相与相序保护继电器应用电路

XJ3-2、5、G 型断相与相序保护继电器应用电路如图 10-15 所示。

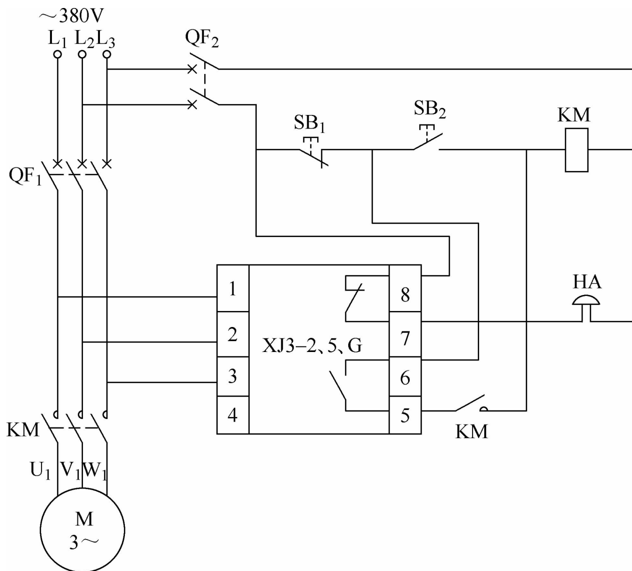


图 10-15　XJ3-2、5、G 型断相与相序保护继电器应用电路

当三相电源相序正确且无断相时，断相与相序保护继电器 XJ3 动作，内部继电器转态，常闭触点⑦、⑧断开，切断报警电路；常开触点⑤、⑥闭合，提供自锁信号，为起动运转做准备。

起动时，按下起动按钮 SB_2，其常开触点闭合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

当三相电源相序不正确或出现断相时，断相与相序保护继电器 XJ3 释放，内部继电器恢复原始状态，其常开触点⑤、⑥断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 辅助常开触点断开，解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到保护作用。同时保护器 XJ_3 的内部继电器常闭触点⑦、⑧闭合，接通报警电铃 HA 回路电源，电铃 HA 得电鸣响，以告知出现

相序错误或断相故障了。

电路183　用三只欠电流继电器作电动机断相保护

本电路是采用三只欠电流继电器 KI_1、KI_2、KI_3 分别串联在电动机三相电源中，在电动机得电运转后，欠电流继电器 KI_1、KI_2、KI_3 动作，如图10-16所示。倘若出现断相，KI_1 或 KI_2 或 KI_3 释放，切断交流接触器KM线圈回路电源，KM三相主触点断开，起到断相保护作用。

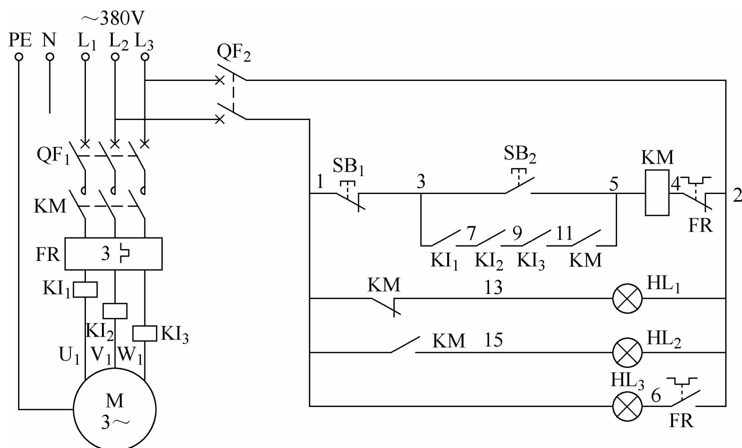


图10-16　用三只欠电流继电器作电动机断相保护

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器KM线圈得电吸合，KM三相主触点闭合，电动机得电起动运转，此时三相电源正常，三相回路中均有电流流过，其分别串联在电动机三相电源回路中的欠电流继电器 KI_1、KI_2、KI_3 动作，其各自的常开触点 KI_1（3-7）、KI_2（7-9）、KI_3（9-11）和KM辅助常开触点（5-11）串联自锁，电动机继续运转工作。

当电动机在运转中出现断相时，断相回路中的欠电流继电器释放，其常开触点断开，切断交流接触器KM线圈回路电源，KM线圈断电释放，KM三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到断相保护作用。

电路184　电动机断相保护控制电路（一）

本电路中无论出现哪相电源断相（断相故障时），均会使电路停止工作，起到断相保护作用，如图10-17所示。

当 L_1 相断相时，KM线圈回路缺 L_1 相电源而无法工作；当 L_2 相断相时，KM线圈回路缺 L_2 相电源而无法工作；当 L_3 相断相时，因 L_3 相中无电源流过，双向晶闸管VTH无触发电流而关断，从而起到断相保护作用。

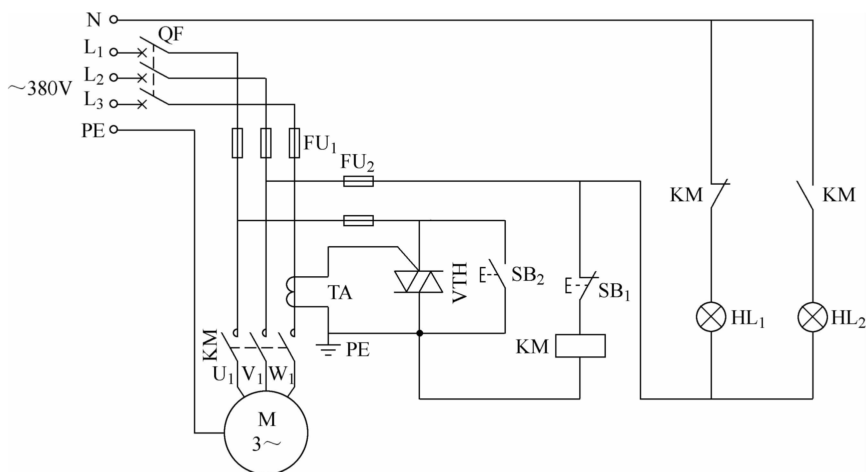


图 10-17　电动机断相保护控制电路（一）

电路 185　电动机断相保护控制电路（二）

本电路在电动机回路中接有三只中间继电器 KA_1、KA_2、KA_3 用来监视其电动机回路中的电压情况，起到断相保护作用，如图 10-18 所示。

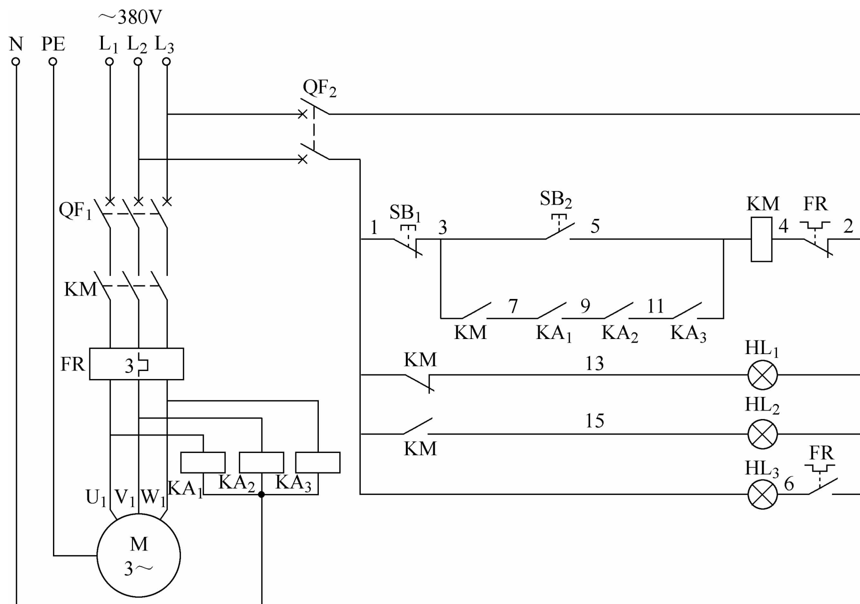


图 10-18　电动机断相保护控制电路（二）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三

相主触点闭合，若此时三相电压正常，不断相时，中间继电器 KA_1、KA_2、KA_3 线圈均得电吸合，KA_1、KA_2、KA_3 各自的常开触点（7-9、9-11、5-11）及 KM 辅助常开触点（3-7）闭合串联自锁，电动机得电起动运转。

当三相电源出现断相故障时，并接在断相电源上的中间继电器线圈必然断电释放，其常开触点断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，使其断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到断相保护作用。

电路 186　电动机断相保护控制电路（三）

本电路（见图 10-19）采用增加一只中间继电器实现对Y电动机进行过载保护作用。在电动机运转过程中出现断相时，电动机Y点电压必然升高，使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在交流接触器 KM 自锁回路中的常闭触点（5-7）断开，切断 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电，停止工作，起到断相保护作用。

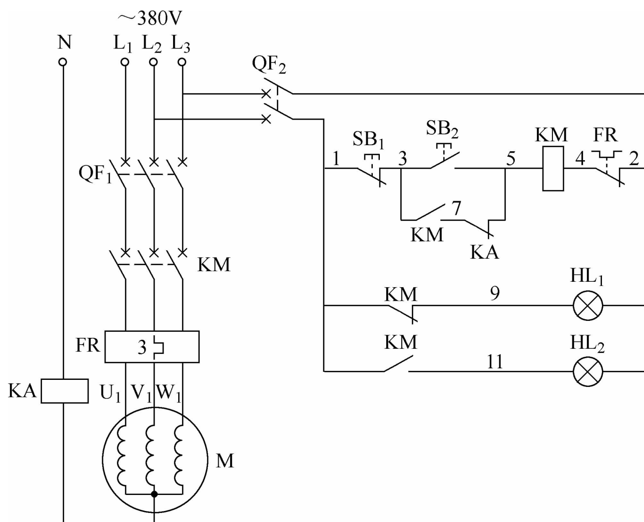


图 10-19　电动机断相保护控制电路（三）

电路 187　用一只电压继电器作Y联结电动机断相保护

本电路适用于Y绕组的电动机作断相保护，如图 10-20 所示。它实际上是将一只电压继电器 KV 接在Y绕组的Y点上，当电动机三相电源无断相时，其Y点电压几乎为零，电压继电器 KV 线圈不动作；当电动机三相电源出现断相时，其Y点电压将会升高，使电压继电器 KV 线圈得电吸合，KV 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点

断开，电动机失电停止运转，起到断相保护作用。

图 10-20　用一只电压继电器作丫形电动机断相保护

电路 188　热继电器应用电路（一）

本电路中四台电动机均采用独立的热继电器作为过载保护，互不干涉其他电路，当任意一台电动机出现过载故障时，只能对有过载故障的电路进行控制，如图 10-21 所示。

电路 189　热继电器应用电路（二）

本电路四台电动机的过载保护热继电器 FR_1（8-10）、FR_2（6-8）、FR_3（4-6）、FR_4（2-4）控制常闭触点串联起来后接入控制电路中，如图 10-22 所示。这样，四台电动机在运转过程中，无论一台或多台电动机出现过载，其相应的热继电器就会动作，其控制常闭触点就会断开，从而将四台电动机控制电路切断，使四台电动机全部停止运转。也就是说，FR_1 ~ FR_4 中的任意一台出现过载动作，全部电路停止工作。

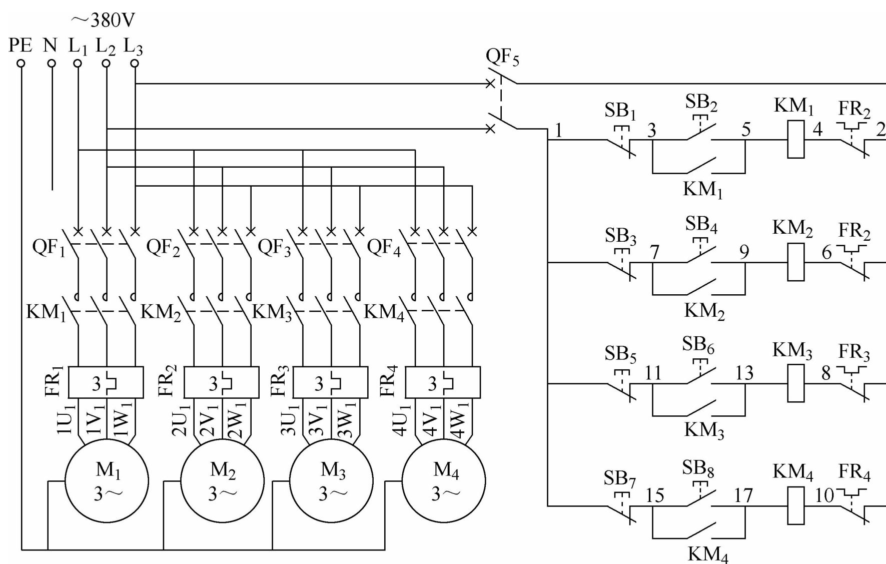


图 10-21 热继电器应用电路（一）

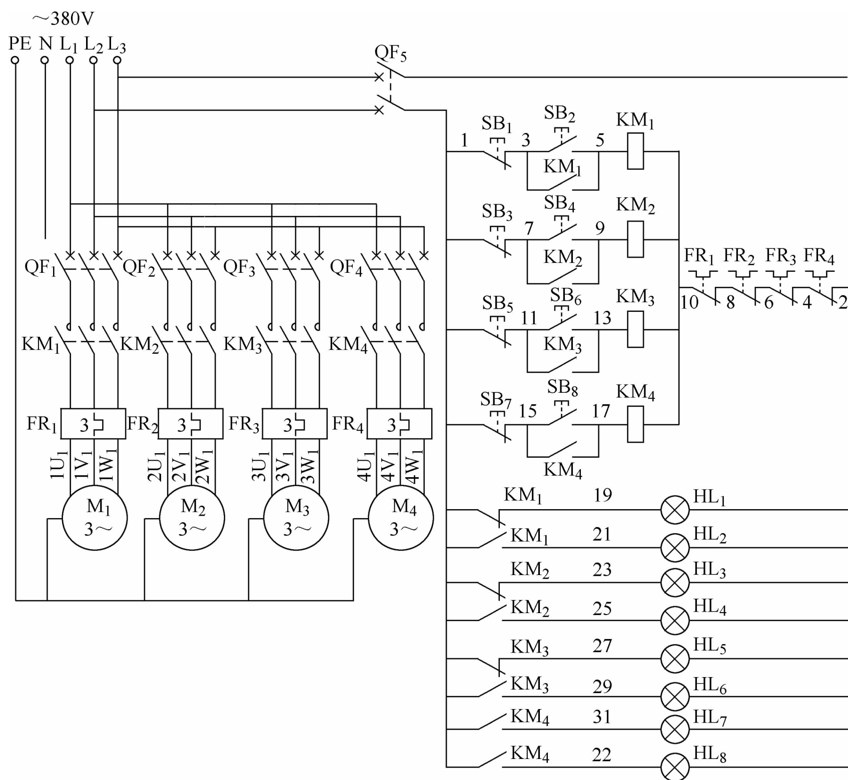


图 10-22 热继电器应用电路（二）

电路 190 热继电器应用电路（三）

本电路为四台电动机起动、停止控制电路，如图 10-23 所示。电路中过载保护为并联连接，也就是说任何一台电动机出现过载时，四台电动机全部停止工作。这样控制有以下优点：

1）连接比较简单，接线方便。

2）电路出现故障时，排障比较容易。也就是说，一看到 KA 吸合动作了，就知道电动机出现过载故障了。

3）可解决多只大容量接触器线圈并联使用时电流大，烧坏热继电器控制常闭触点问题。

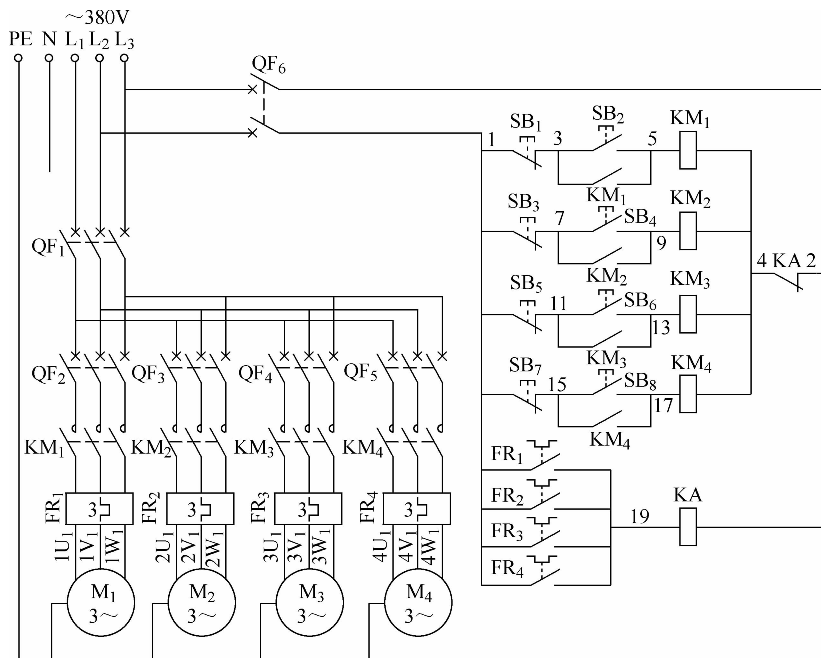


图 10-23 热继电器应用电路（三）

电路 191 用三只电阻器组成的△联结电动机断相保护电路

图 10-24 所示为用三只电阻器组成的△联结电动机断相保护电路。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源有电。

起动时按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作；同时 KM 辅助常闭触点断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机起

动运转了。电路采用三只电阻器 $R_1 \sim R_3$ 接成人为丫点，作为执行机构继电器的检测工作电压。因为在电动机三相电源正常时，此人为丫点电压很低，不足以使继电器动作，只有在三相电源发生断相时，中性点电压抬高，经 VD_1 整流、C 滤波、VZ 稳压后使继电器 K 线圈吸合动作，K 串联在电动机控制回路中的常闭触点（2-4）断开，KM 线圈失电释放，电动机失电停止工作，从而起到断相保护作用。

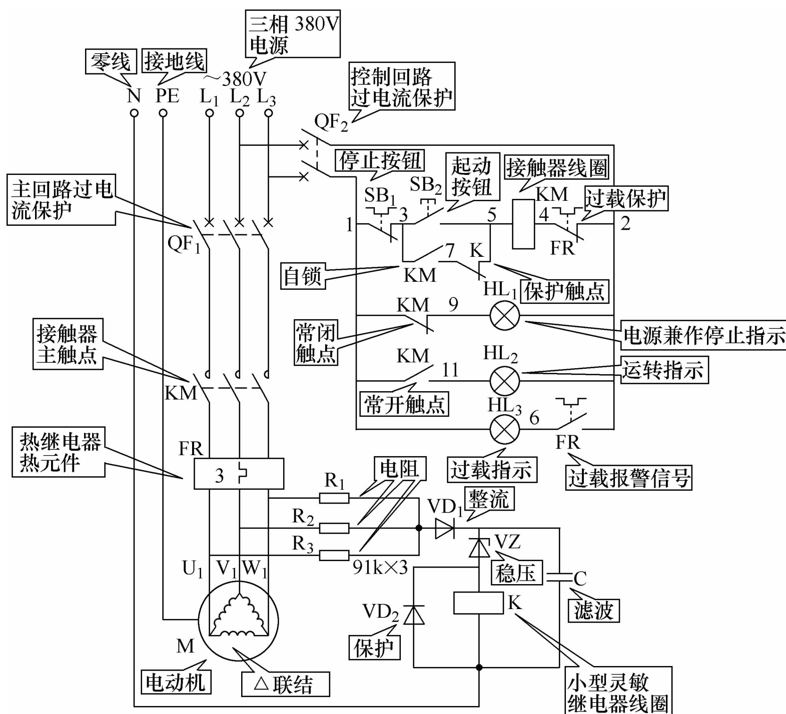


图 10-24　用三只电阻器组成的△联结电动机断相保护电路

电路中，HL_1 为停止兼作电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机过载指示灯。

电路中弱电部分，电阻 $R_1 \sim R_3$、二极管 $VD_1 \sim VD_2$、稳压管 VZ、电容器 C、小型灵敏继电器 K 可安装在一块印制电路板上。

电路 192　采用电流互感器作为检测元件的断相保护电路

图 10-25 所示电路采用三只电流互感器 $TA_1 \sim TA_3$，把三只电流互感器二次侧并联起来后串入一只过电流继电器，再将过电流继电器的常闭触点串联在电动机控制电路中。

合上断路器 QF_1、QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停

止运转且电源有电。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁（3-5），KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，同时 KM 辅助常闭触点（1-11）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-13）闭合，运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正常运转。

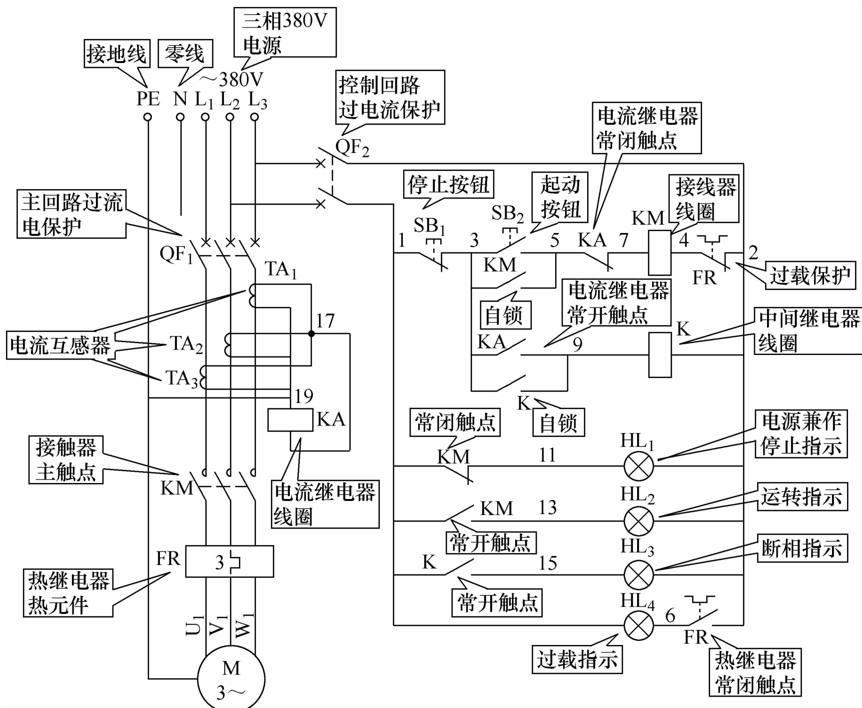


图 10-25 采用电流互感器作检测元件的断相保护电路

当电动机电源出现断相时，电流互感器 TA_1 ~ TA_3 二次电流增大，大于过电流继电器 KA 动作电流值，KA 线圈吸合动作，KA 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了 KM 线圈回路电源，KM 断电释放，其三相主触点断开，电动机电源被切断，电动机失电停止运转从而起到保护作用。

同时，过电流继电器 KA 常开触点（3-9）闭合，接通了中间继电器 K 线圈电源，K 线圈得电吸合且自锁（3-9），K 常开触点（1-15）闭合，断相指示灯 HL_3 亮，说明电动机电源断相。电路中，中间继电器 K 为断相记忆装置，若 K 动作后，需解除断相指示，则按一下停止按钮 SB_1（1-3）即可完成。

过载时，热继电器 FR 常闭触点（2-4）断开，切断 KM 线圈回路电源，KM 主触点断开，电动机停止工作，起到过载保护作用；同时 FR 常开触点（2-6）闭合，接通过载指示灯 HL_4 电源使其点亮，说明电动机已过载了。

电路中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为断相指示灯，当出现断相时此灯点亮；HL_4 为电动机过载指示灯。

电路 193　用电容器作为中性点的△联结电动机断相保护电路

对于Y联结电动机来说有中性点，而对于△联结电动机则必须做一个人为中性点才能作为信号检测。图 10-26 所示电路采用三只等值的电容器 $C_1 \sim C_3$ 接成Y点，并接在电动机 U_1、V_1、W_1 端子上，再从Y点上接一只电压继电器来作为断相保护装置。

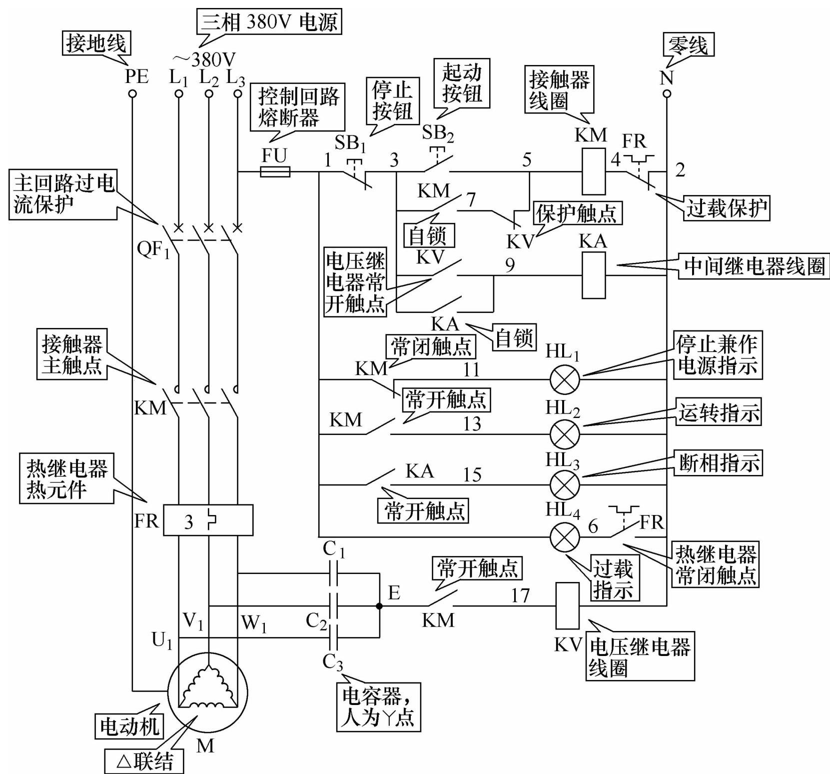


图 10-26　用电容器作为中性点的△接电动机断相保护电路

电动机在正常运转时，其中性点 E 电压基本上很小，而当电动机三相电源出现断相时，中性点 E 上的电压抬高，基本上为 15 ~ 60V，此时，电压继电器 KV 线圈吸合动作，KV 串联在接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断电动机电源，起到断相保护作用。

电路 194　熔断器熔断保护电路

熔断器应用很广，由于熔断器的一相熔断造成电动机断相继续运行而烧毁的

实例很多很多。为解决这一问题，如图 10-27 所示，介绍一种熔断器熔断保护及指示电路，能帮助电工及时找到故障部位所在，并能及时准确地加以排除。

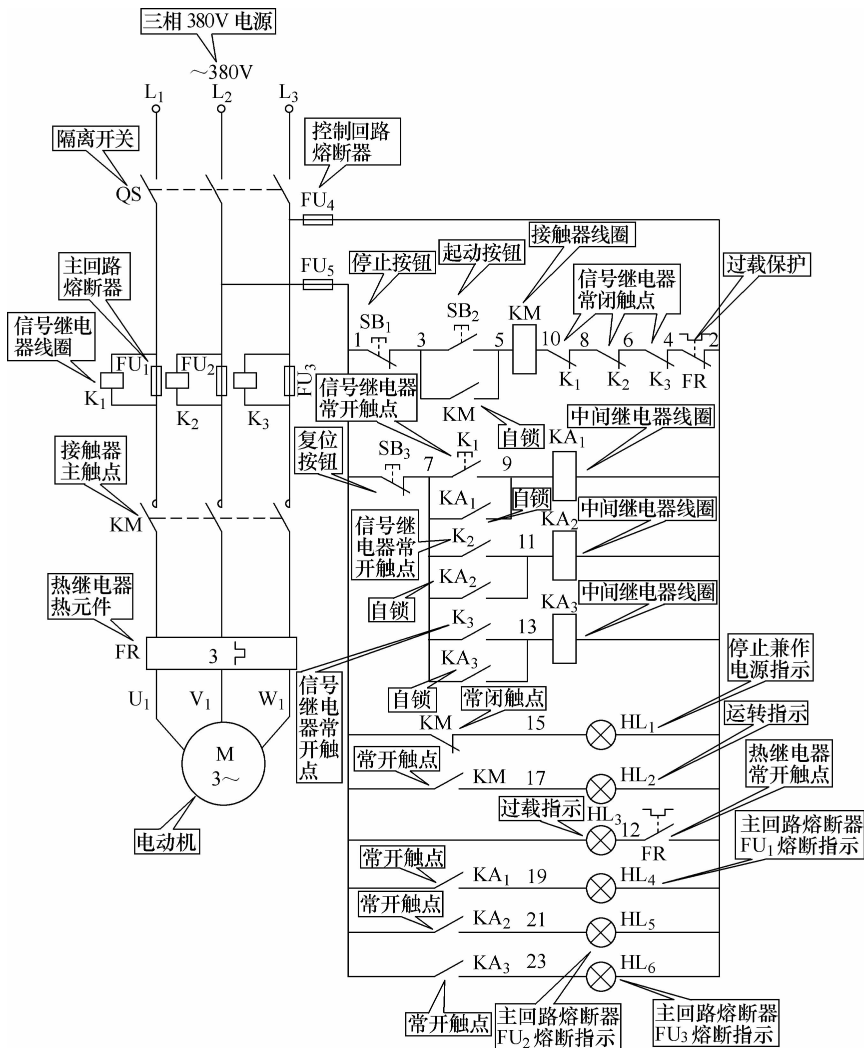


图 10-27　熔断器熔断保护电路

无论电动机是否工作，只要是任意一相或多相熔断器熔断，那么该熔断器两端的电压就不是零，而是 30～130V，这个电压足以使并联在该熔断器两端上的信号继电器线圈吸合动作，它串联在电动机控制回路交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（4-8）断开，及时地切断了 KM 线圈回路电源使其回路无法工作，从而起到保护作用。

同时，该信号继电器的常开触点闭合，接通中间继电器线圈且自锁，相对应

的指示灯亮，说明该熔断器熔断，解除指示则按下复位按钮 SB_3（1-7）即可。

现对本电路中熔断器 FU_2 熔断时做一说明。当 FU_2 熔断时，并联在 FU_2 两端的信号继电器 K_2 线圈得电吸合，K_2 串联在电动机控制电路接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（6-8）断开，切断了 KM 线圈回路电源，电动机停止运转，起到断相保护作用。同时 K_2 常开触点（7-11）闭合，接通了中间继电器 KA_2 线圈回路电源，KA_2（7-11）自锁，KA_2 串联在指示灯 HL_5 回路中的常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明熔断器 FU_2 已熔断，当查明熔断原因后必须按下复位按钮 SB_3（1-7）后，中间继电器 KA_2 线圈才能断电释放，指示灯 HL_5 才能熄灭。

电路中，HL_1 为停止兼作电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机过载指示灯；HL_4 为熔断器 FU_1 熔断指示灯；HL_5 为熔断器 FU_2 熔断指示灯；HL_6 为熔断器 FU_3 熔断指示灯。

电路 195　一种零序电压断相保护电路

断相运行是电动机烧毁的最可怕现象，通常采用的热继电器作为过载及断相保护往往都不能胜任此重任。

这里介绍一种零序电压断相保护电路，效果很理想，值得借鉴。

从图 10-28 中可以看出，它的断相检测是采用三只电容器 C_6、C_7、C_8 组成的人为中性点 A。大家都学过，当三相电源正常时（无断相），其中性点电位为零，那么变压器 T_1 二次侧就无电压输出，所以晶体管 VT（3AX81B）就处于截止状态，小型灵敏继电器 K（JRX-13F）线圈就得不到电压而吸合不了，那么 K 的常闭触点（5-7）仍保持闭合状态。倘若电网三相电压不平衡或三相电源断相，此时的中性点“A”的电位就不是零了，这时变压器 T_2 就有电压输出，经过二极管 VD_5（1N4000）整流，电容 C_5（0.47μF）滤波、稳压管 VZ（2CW7）、电阻 R_3（5.1kΩ）、电容 C_3（100μF/15V）延时后送至晶体管 VT（3AX81B）基极，使晶体管导通，小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合，其触点转态，常闭触点立即断开。上述是保护器的动作原理，通过电路图不难看出，小型灵敏继电器的常闭触点（5-7）就串联在电动机控制电路交流接触器线圈回路中，在没有断相故障时，K 常闭触点（5-7）处于闭合状态，KM 线圈 KM 回路工作正常；在断相故障出现时，K 常闭触点（5-7）就处于断开状态、KM 线圈回路不能自锁，使其断电释放，从而起到断相保护作用。

1. 起动（电源无断相时）

按下起动按钮 SB_2（3-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时指示灯 HL_2 亮，说明电动机运转了。

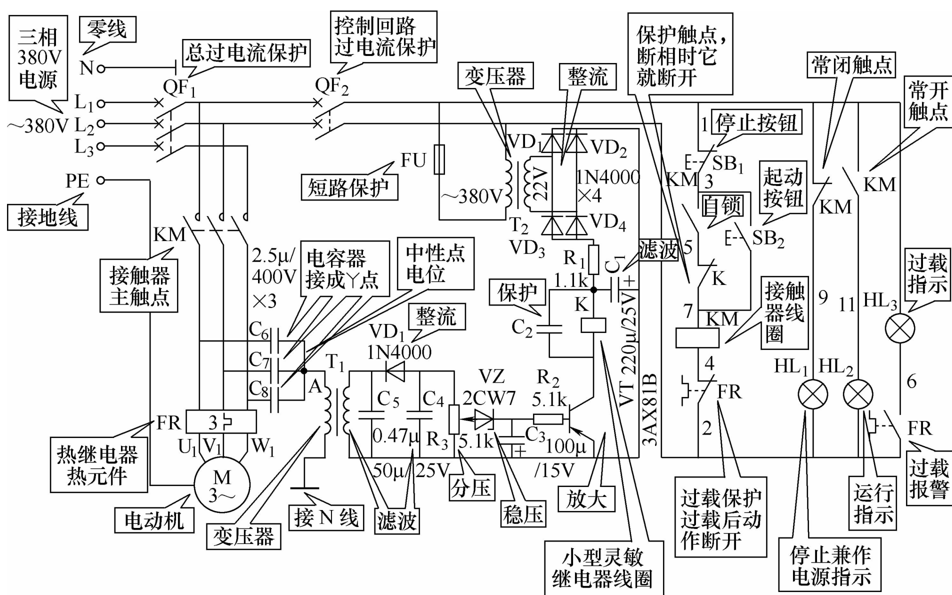


图 10-28　零序电压断相保护电路

2. 断相时

当电源断相时，A 点电位升高，晶体管 VT 导通，小型灵敏继电器 K 动作，K 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，KM 线圈断电释放，KM 主触点断开，电动机失电停止运转，同时指示灯 HL_2 灭，电源兼作停止指示灯 HL_1 亮。

3. 过载时

当电动机过载时，热继电器 FR 常闭触点（2-4）断开，切断 KM 线圈回路电源，KM 主触点断开，电动机失电停止运转；同时热继电器 FR 另一组常开触点（2-6）闭合，接通了过载指示电路，指示灯 HL_3 亮，说明电动机过载了。

注意：弱电部分可制作在印制电路板上。

电路 196　简单实用的Y联结电动机断相保护电路

图 10-29 所示电路是一种对Y联结的电动机进行断相保护的控制电路，它简单、实用、制作容易，适合任何Y联结的三相电动机作断相保护。

起动时按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，接通了电动机三相交流电源，电动机得电运转工作。同时 KM 辅助常开触点（1-11）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机运转工作。倘若在运转中出现电源断相，那么电动机绕组的中性点出现电

位差，此电压经过二极管 VD_1 整流，电容器 C_2、C_1 滤波，稳压二极管 VZ 稳压，使小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合，K 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时 KM 辅助常开触点（1-11）断开，KM 辅助常闭触点（1-9）恢复常闭状态，绿色指示灯 HL_2 灭，红色指示灯 HL_1 亮，说明电动机已退出运行停止工作了。过载时，热继电器 FR 动作，FR 常闭触点（2-4）切断 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，电动机失电停止工作，同时 FR 常开触点（2-6）闭合，接通过载指示灯电路，过载指示灯 HL_3 亮，说明电动机已过载了。

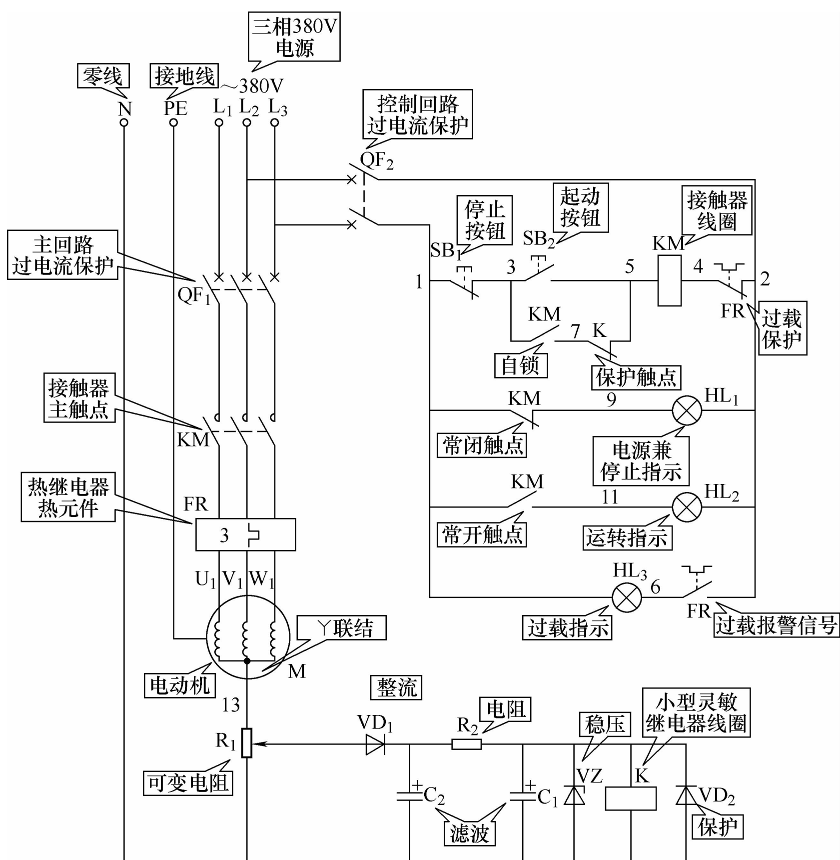


图 10-29　简单实用的丫联结电动机断相保护电路

电路 197　用电容器、电压继电器实现△电动机断相保护控制电路

1. 工作原理

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯

HL_1 亮，说明电源正常。

（1）起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。同时 KM 辅助常闭触点（1-15）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。与此同时，KM 串联在电压继电器 KV 线圈回路中的辅助常开触点（21-23）闭合，为电路出现断相时，接通电压继电器 KV 线圈做准备。

（2）断相保护控制

当电动机得电运转后，出现断相时，电容器 C_1、C_2、C_3 的丫点（21）有电压存在，使电压继电器 KV 线圈得电吸合，首先 KV 的一组串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到断相保护作用；同时 KV 的另一组常开触点（11-13）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 常开触点（11-13）闭合自锁，KA 的一组常闭触点（7-9）也断开，起切断 KM 线圈电源后的记忆作用。与此同时，KM 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_2 灭，KM 辅助常闭触点（1-15）闭合，指示灯 HL_1 亮，KA 常开触点（1-19）也闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已出现断相现象，保护装置已动作。

（3）正常停止

当电动机得电运转后，欲需停止，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；同时 KM 辅助常开触点（1-17）断开，指示灯 HL_2 灭，KM 辅助常闭触点（1-15）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。

（4）断相后起动

因电动机出现断相时，中间继电器 KA 线圈将得电吸合且 KA 常开触点（11-13）闭合自锁，KA 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（7-9）仍处于断开状态，使 KM 线圈回路断开而无法进行起动操作。当断相故障排除后，需进行起动操作，则必须先按一下停止按钮 SB_1，这样，SB_1 的一组常闭触点（1-11）断开，切断了记忆用中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈断电释放，KA 的一组常闭触点（7-9）恢复常闭为 KM 线圈工作提供条件，KA 的一组常开触点（1-19）恢复常开，指示灯 HL_3 灭，说明断相故障已排除并解除记忆。在上述工作完成后，可再按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈才能得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电重新起动正常运转；与此同时，KM 辅助常闭触点（1-15）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机又重新起动运转了。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图10-30所示。

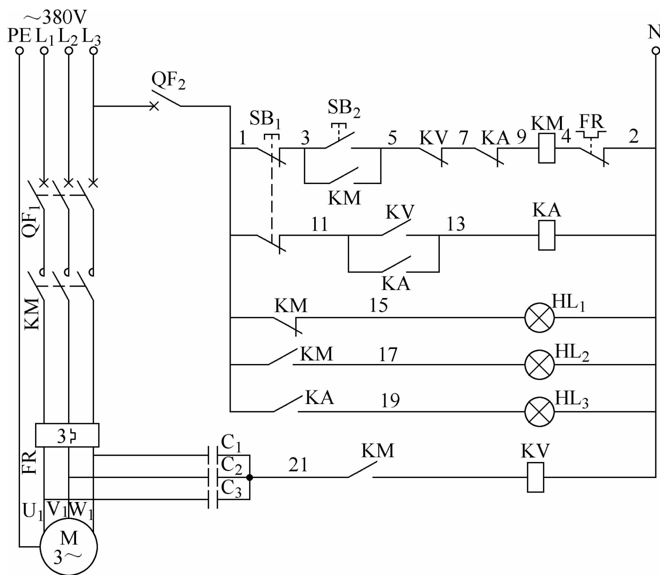


图10-30　用电容器、电压继电器实现△电动机断相保护控制电路

电路198　用得电延时时间继电器完成的重载起动控制电路

1. 工作原理

对于重载起动的电动机，往往因起动时间过长，造成过载热继电器误动作。为此，本电路在起动过程中先将热继电器热元件短接起来，待电动机起动完毕后，再将热继电器投入运行。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器KT、短接热元件用交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，同时KT开始延时，KT不延时瞬动常开触点（3-11）与 KM_2 辅助常开触点（11-13）串联共同接通电源交流接触器 KM_1 线圈电流，使电源交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电进行起动；与此同时，KM_2 三相主触点也闭合，将热继电器热元件分别短接了起来，此时虽然电动机起动电流偏大且起动时间较长，但热继电器中的三相热元件分别被交流接触器 KM_2 三相主触点短接了起来，所以起动过程中就不会出现起动未完成就误动作停机问题。经过KT延时后，KT得电延时断开的常闭触点（7-9）断开，切断了得电延时时间继电器KT及短接热元件用交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KT、KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除对热继电器热元件的短接，热继电器投入正常运行，起动结束转为正常运转。从而避

免上述情况的发生。

图 10-31 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机起动时短接热元件指示灯。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 10-31 所示。

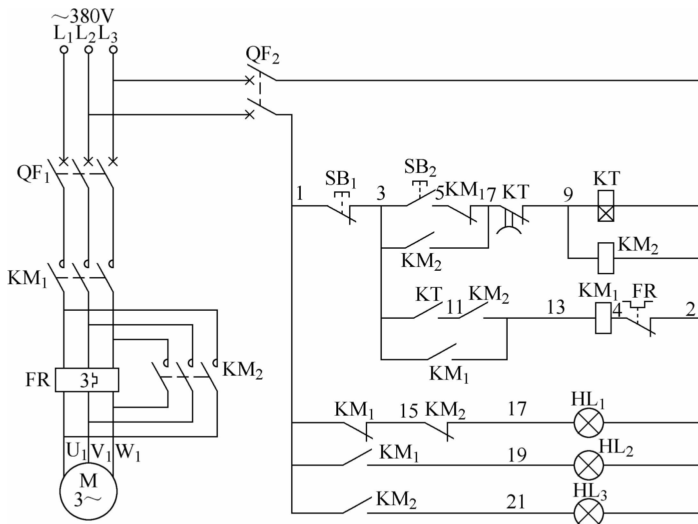


图 10-31　用得电延时时间继电器完成的重载起动控制电路

电路 199　电动机过电流控制电路

1. 工作原理

本电路采用一只过电流继电器 KI 作为电流控制元件，当电动机出现过电流时，此过电流继电器 KI 动作，断开交流接触器 KM 线圈回路电源，从而切断电动机三相电源，起到过电流保护作用。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电路有电。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KT 开始延时，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；在电动机刚起动时，虽然起动电流很大，会造成过电流继电器 KI 动作，但在起动时（2s 内），KT 延时时间未达到，其动作触点未闭合，过电流继电器 KI 也不会动作。与此同时，KM 辅助常闭触点（1-13）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电起动运转了。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（01-02）断开，KT 得电延时闭合的常开触点（02-03）闭合，将使

过电流继电器 KI 接入电路正常工作。

当电动机运行后出现过电流时，过电流继电器 KI 动作，KI 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常开触点（9-11）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（9-11）闭合自锁，KA 串联在交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了 KM、KT 线圈电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到过电流保护作用；在 KM 线圈断电释放后，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。在 KA 线圈得电吸合后，KA 的另一组常开触点（1-17）闭合，使指示灯 HL_3 点亮，说明电动机已出现过电流故障了。需重新起动操作，则必须先按下停止按钮 SB_1，SB_1 的另一组常闭触点（1-9）断开，切断中间继电器 KA 线圈电源，使 KA 线圈断电释放，解除操作限制和过电流指示。

电路中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯，当电动机停止时此灯亮；HL_2 为电动机运转指示灯，当电动机起动运转后此灯亮；HL_3 为电动机过电流指示灯，当电动机出现过电流动作后此灯亮。

2. 电气原理图

本电路的电气原理图如图 10-32 所示。

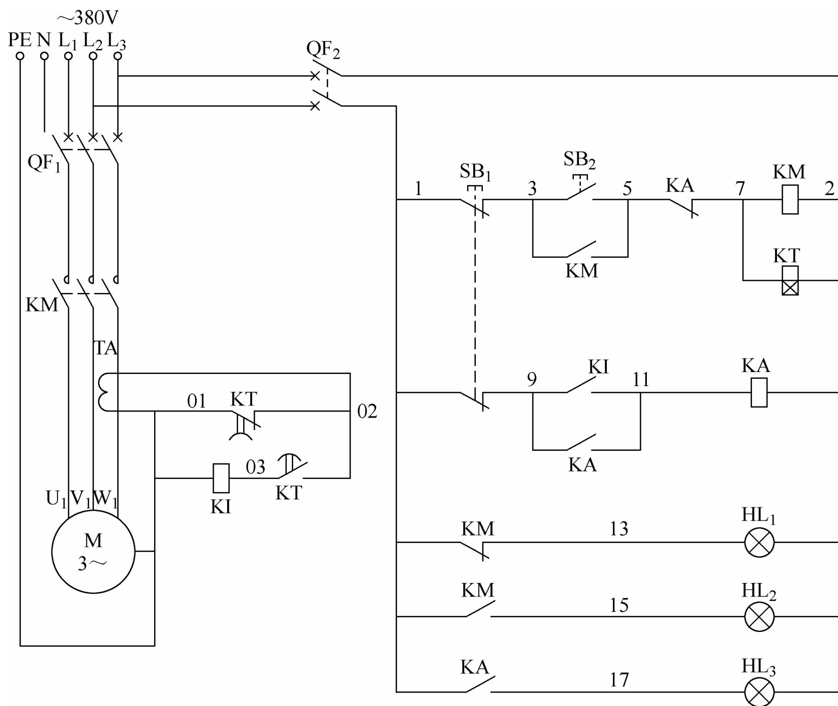


图 10-32　电动机过电流控制电路

电路 200 Y-△减压起动不能转为△运转的保护电路

Y-△减压起动应用很广泛，有时会因种种原因出现在起动过程中，电动机一直处于Y起动状态或Y起动后电动机不能进入全压运转而停止（KM_1 仍然吸合），不能转为△全压运转。

针对上述问题，可采用图 10-33 所示电路加以解决。也就是当得电延时时间继电器 KT_2 的延时时间超出设定延时时间后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（3-7）闭合，将接通中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-17）闭合自锁，切断整个控制电路加以保护。注意：得电延时时间继电器 KT_2 的设定延时时间必须大于 KT_1 几秒钟。

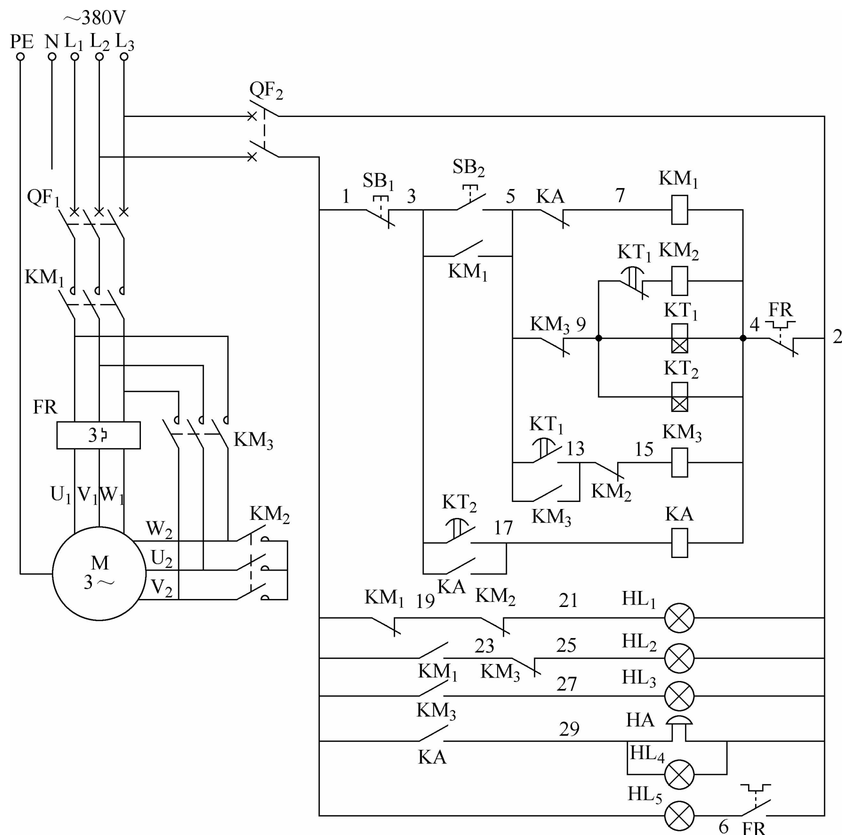


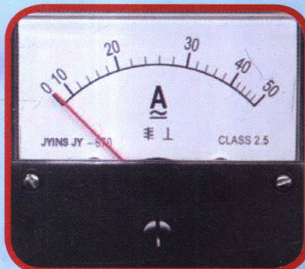
图 10-33 Y-△减压起动不能转为△运转的保护电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源指示灯 HL_1 亮，说明电路有电。

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、KM_2，得电延时时间继电器

KT_1、KT_2 线圈均得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1、KM_2 各自的三相主触点闭合，电动机得电进行丫起动；同时 KT_1、KT_2 开始延时；KM_1、KM_2 辅助常闭触点（1-19、19-21）断开，电源及停止指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，丫形起动指示灯 HL_2 亮，说明电动机正在进行丫形起动。当经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（9-11）断开，切断了丫点交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，丫点解除；同时 KT_1 得电延时闭合的常开触点（5-13）闭合，接通了△形交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（5-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机得电转入△形全压运转。与此同时，KM_3 辅助常开触点（5-9）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈回路电源，KT_1、KT_2 线圈断电释放。否则若 KT_1 延时时间到了而 KM_3 辅助常闭触点（5-9）又不能切断 KT_2 线圈电源，那么 KT_2 得电延时闭合的常开触点（3-17）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-17）闭合自锁，KA 串联在 KM_1 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，将切断 KM_1 线圈回路电源，使控制电路退出运行，此时，指示灯 HL_4 亮，电铃 HA 响，告知操作者电路出现故障，若 KA 动作后需解除，则按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。当 KM_3 线圈得电吸合后，KM_3 辅助常闭触点（23-25）断开，丫形起动指示灯 HL_2 灭，KM_3 辅助常开触点（1-27）闭合，△形全压运转指示灯亮，说明电动机已全压运转了。

电路中 FU 为弱电回路保护熔断器；VD_1 ~ VD_4 为整流二极管；C_1 为滤波电容；VD_5 为保护二极管。



电流表


接触器


接触器


断路器

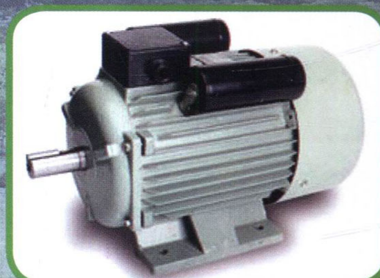


断路器


热继电器


热继电器

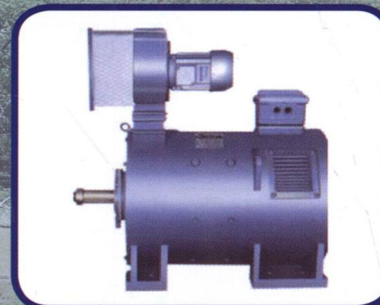

三相调压器


电动机

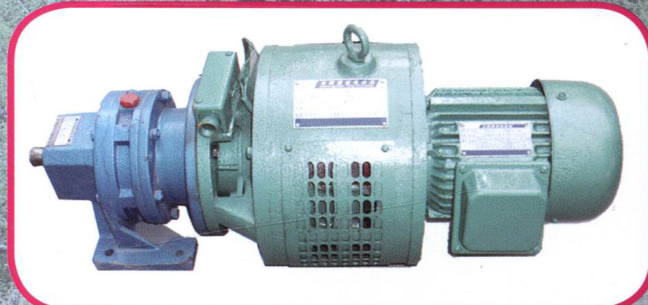

电动机


电动机

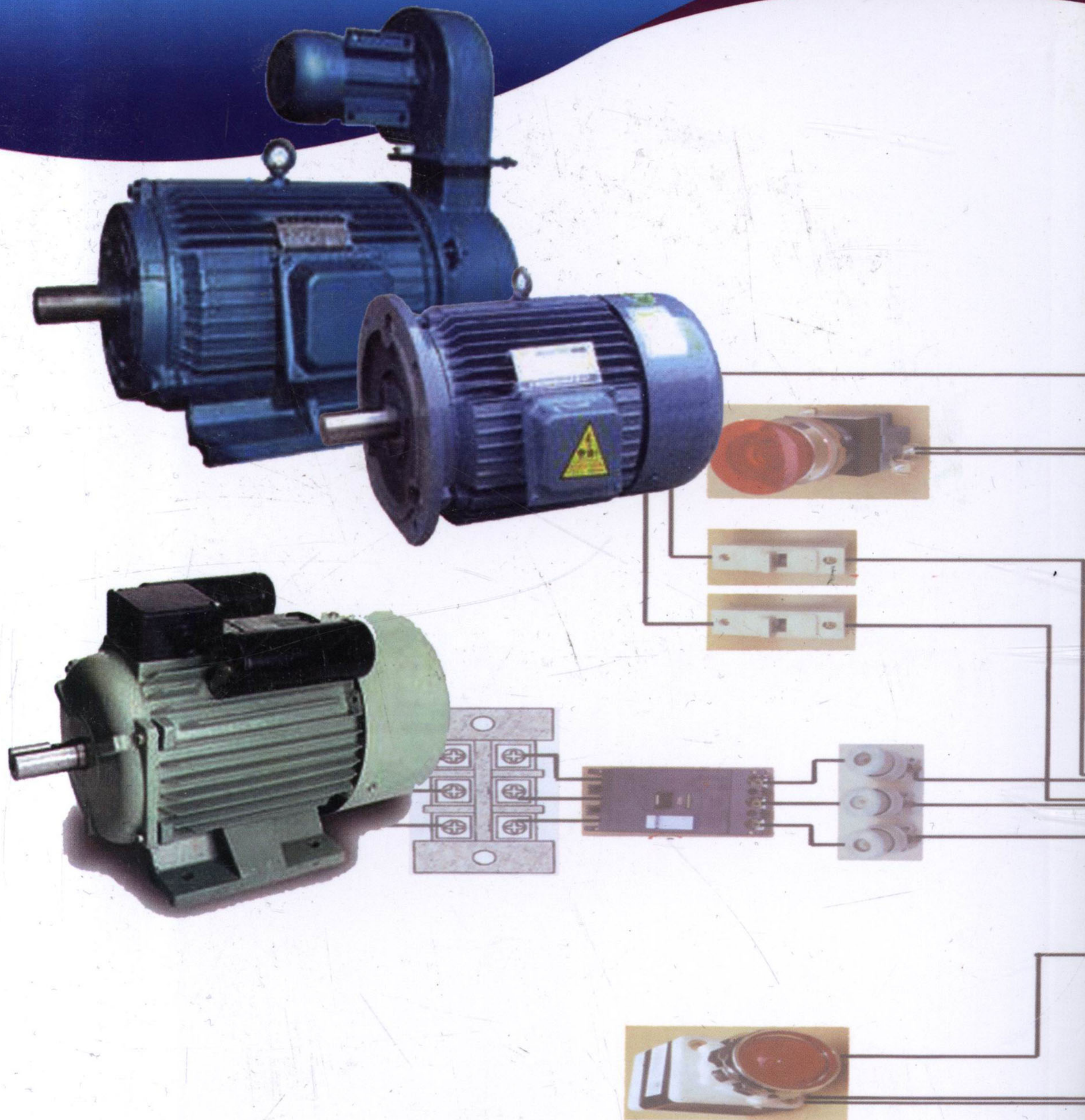

电动机


电动机


电动机


调速电动机


滑差电动机



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／电工技术
ISBN 978-7-111-43063-6
策划编辑◎张俊红

ISBN 978-7-111-43063-6


定价：39.90元